

AUS DEM LEHRSTUHL FÜR ORTHOPÄDIE
DIREKTOR PROF. DR. MED. DR. H.C. J. GRIFKA
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

Klinische, radiologische und Revisionsergebnisse 10 Jahre nach
konventioneller bzw. navigierter Knie totalendprothese
- eine matched-pair Analyse

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Franziska Otto

2017

AUS DEM LEHRSTUHL FÜR ORTHOPÄDIE
DIREKTOR PROF. DR. MED. DR. H.C. J. GRIFKA
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

Klinische, radiologische und Revisionsergebnisse 10 Jahre nach
konventioneller bzw navigierter Knie totalendprothese
- eine matched-pair Analyse

Inaugural– Dissertation zur
Erlangung des Doktorgrads der Medizin

der Medizinischen Fakultät
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Franziska Otto

2017

Dekan: Prof. Dr. Dr. Torsten E. Reichert

1. Berichterstatter: PD Dr. med. habil. Clemens Baier

2. Berichterstatter: PD Dr. med. habil. Werner Krutsch

Tag der mündlichen Prüfung: 11.06.2018

Für Hans und meine Eltern

Inhaltsverzeichnis:

1. Einleitung	5
1.1 Anatomie des Kniegelenkes	5
1.1.1 Gelenkaufbau und Freiheitsgrade	5
1.1.2 Gelenkkapsel	6
1.1.3 Menisken	7
1.1.4 Bandapparat	8
1.2 Gonarthrose	11
1.2.1 Definition	11
1.2.2 Epidemiologie	11
1.2.3 Ursachen	11
1.2.4 Symptome Gonarthrose	12
1.2.5 Radiologische Veränderungen	12
1.3. Therapie	13
1.3.1. konservative Therapie	13
1.3.2 operative Methoden	14
1.4 Kniegelenksendoprothetik	15
1.4.1. Bedeutung der Kniegelenksendoprothetik in der Orthopädie	15
1.4.2. Stellenwert der Navigationsgestützten Implantation von Kniegelenksendoprothesen	16
1.5 Zielsetzung dieser Arbeit	16
2. Material und Methode	17
2.1 Patientengut	17
2.2 Operatives Vorgehen	18
2.2.1 konventionelles Operationsverfahren	19
2.2.2 CT-freie VektorVision Navigationsmethode	22
2.3 Beschreibung des Navigationssystems	27
Vectorvision bzw Ci Knee, Versions 1.0, BrainLab	

2.4 Ablauf der Nachuntersuchung	29
2.4.1 Fragebogen	29
2.4.1.1 WOMAC Score	29
2.4.1.2 VAS	29
2.4.1.3 Mancuso Score	30
2.4.2 klinische Untersuchung	30
2.4.3 radiologische Untersuchung	31
2.4.4 Revisionsbedürftigen Spätkomplikationen und Revisionsoperationen	34
2.4.4.1 postoperative Spätkomplikationen und Revisionsoperation ohne Prothesenwechsel	35
2.4.4.2 postoperative Spätkomplikationen und Revisionsoperation mit Prothesenwechsel	35
2.5 statistische Auswertung	36
3. Ergebnisse	37
3.1 Patientengut	37
3.2 Fragebogen	37
3.2.1 Patientenzufriedenheit	37
3.2.2 WOMAC Score	37
3.2.3 VAS des operierten Beines	39
3.2.4 Mancuso Score	39
3.3 Knee Society Score	40
3.4 Radiologische Untersuchung	42
3.4.1 postoperative Beinachse	42
3.4.2 Abweichung der Femurkomponente in der Frontalebene	42
3.4.3 Abweichung der Tibiakomponente in der Frontalebene	42
3.4.4 Tibialer Slope in der Sagittalebene	42
3.4.5 Femoraler Komponentenwinkel in der Sagittalebene	43
3.4.6 Patella tilt	43
3.4.7 Patella shift	43
3.5 postoperativen Spätkomplikationen und daraufhin durchgeführte Revisionseingriffe	44

3.5.1 postoperative Spätkomplikationen und Revisionseingriffe in der navigierten Gruppe	44
3.5.2 postoperative Spätkomplikationen und Revisionseingriffe in der konventionellen Gruppe	44
3.5.3 Relative/ absolute Risikoreduktion durch Navigationstechnik, Anzahl der notwendigen Behandlung (NNT) und 10 Jahres Kaplan- Meier Überlebensrate	47
4. Diskussion	48
4.1 Aktuelle Studienlage zur Navigation in der Knieendoprothetik	48
4.1.1 Positionierung der Prothesenkomponenten/ Rekonstruktion Beinachse	48
4.1.2 Klinische und funktionelle Parameter	49
4.1.3 Revisionsraten und Prothesenstandzeiten	50
4.2 Interpretation der eigenen Studienergebnisse	51
4.2.1 klinische und funktionelle Parameter	51
4.2.2 radiologische Parameter	51
4.2.3 postoperative Komplikationen und Revisionsraten	52
4.3 Mögliche Ursachen der signifikant niedrigere Revisionsrate durch Navigation	53
4.3.1 exaktere Implantation und Rekonstruktion der Beinachse	53
4.3.2 bandspannungsadaptierte Operationsmethode bei der Navigation	53
4.4 Nachteile der Navigation	54
4.4.1 Wirtschaftliche Aspekte der Navigation	54
4.4.1.1 Investitions- und Wartungskosten der Navigationssysteme	54
4.4.1.2 Verlängerung der Operationszeit	55
4.4.2 Navigationsspezifische Komplikationen	55

4.5. Einschränkungen und Störfaktoren in unserer Studie	56
4.5.1 Studienaufbau und fehlende Verblindung	56
4.5.2 Klinische Messung des Bewegungsumfanges	57
4.5.3 Vielfalt an Operateuren bei der Implantation	57
4.5.4 radiologische Vermessung	57
4.5.5 Hohe Ausschlussrate	58
4.6 Bedeutung der Studienergebnisse für den Stellenwert der Navigation in der Endoprothetik	58
4.7 Zusammenfassung	60
5. Abbildungsverzeichnis	61
6. Quellenangaben	63
7. Danksagung	71
8. Lebenslauf	72
9. Anhang Fragebogen	73

1. Einleitung

1.1. Anatomie des Kniegelenks

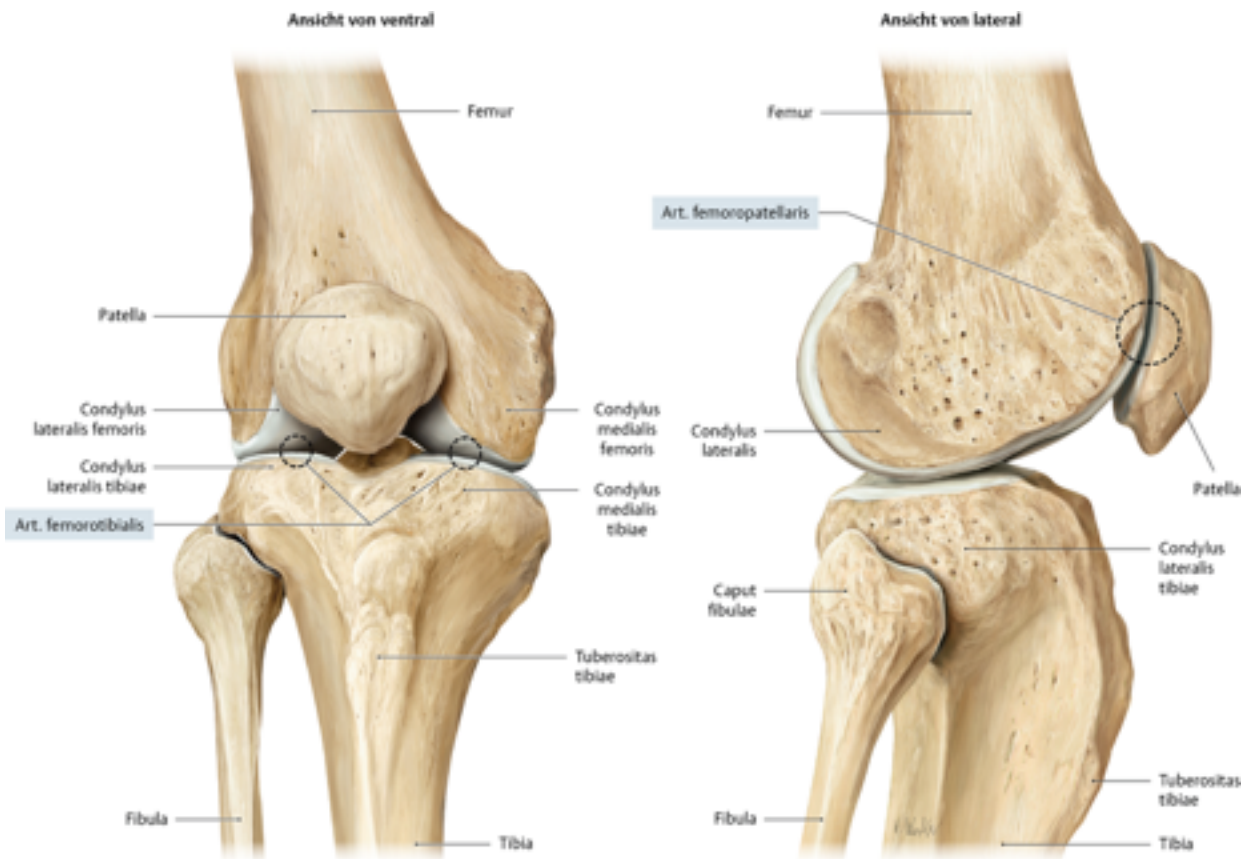


Abbildung 1: Rechtes Kniegelenk in der Ansicht von ventral und lateral ¹

1.1.1. Gelenkaufbau und Freiheitsgrade

Beim Kniegelenk (Articulatio genus), dem größten Gelenk des menschlichen Körpers handelt es sich um ein zusammengesetztes Gelenk, bei dem distales Femur, proximale Tibia und die Patella miteinander artikulieren. Biomechanisch bezeichnet man das Kniegelenk als Drehscharniergelenk, welches vorwiegend Extension, Flexion, Rotation um die Längsachse des Unterschenkels sowie in geringem Ausmaß Translation, Ab-/Adduktion und Kompression/Distraktion erlaubt. ²

Klinisch werden jedoch nur Flexion und Extension in der Transversalebene (a) und die Innen- und Außenrotation in der Longitudinalebene (b) erfasst. Die quantitative Beurteilung erfolgt durch die Neutral/Null Methode, für die sich folgende physiologische Werte ergeben:

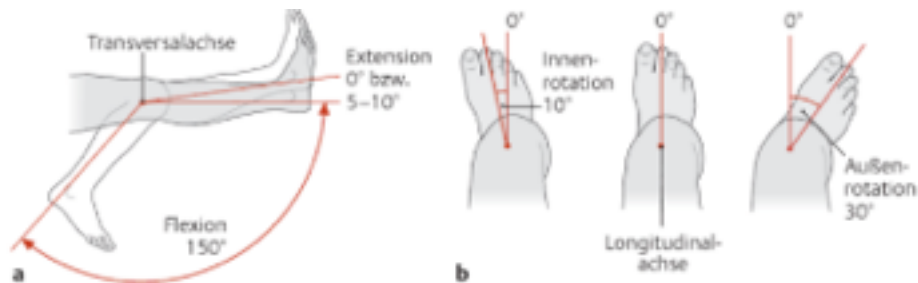


Abbildung 2: Bewegungsumfang Kniegelenk a Flexion/Extension 150/0/5°; b Innenrotation/Außenrotation im 90° gebeugten Knie 10/0/30°

Die übrigen Gelenkbewegungen werden aufgrund ihres geringen Bewegungsausmaßes und überwiegend nur passiv veränderbaren Gelenkstellung vernachlässigt, obwohl sie in jeder Bewegung im Raum eine geringe Mitbeteiligung aufweisen.³

Man unterscheidet folgende Teilgelenke: Das Femorotibialgelenk (Art. femorotibialis) mit den Gelenkflächen des medialen/lateralen Femurkondylus und dem medialen/lateralen Tibiaplateau sowie das Femoropatellargelenk (Art. femoropatellaris), bei dem die Rückfläche der Patella (Facies articularis patellae) und die Facies patellaris des Femurs beteiligt sind.

1.1.2. Gelenkkapsel

Beide Gelenkanteile befinden sich in einer gemeinsamen Gelenkhöhle und besitzen eine sie umschließende Gelenkkapsel. Diese spannt sich zwischen den Condyli ossis femoris und den Condyli tibiae auf und umgibt sämtliche Gelenkflächen des Kniegelenkes. Sie ist ventral, lateral sowie dorsal mit den Menisken verwachsen und umschließt die Patella und den Ansatz der Quadricepssehne mit ihrem vorderen Anteil. Zwischen der Membrana synovialis und fibrosa der Gelenkkapsel sind ventral der Hoffa- Fettkörper (Corpus adiposum infrapatellare) und dorsal die Kreuzbänder eingelagert. Durch die Plica synovialis infrapa-

tellaris ist der Hoffa-Fettkörper mit der Vorderfläche des vorderen Kreuzbands verbunden.²

1.1.3. Menisken

Die Inkongruenz zwischen den konvexen Femurkondylen und den Facies articulares tibiae medialis/lateralis bewirkt eine sehr hohe Druckbelastung, welche durch die beiden Menisken als Druckpolster kompensiert wird. Sie sind von C-förmiger Gestalt und besitzen einen keilförmigen Querschnitt, wobei sie peripher am dicksten imponieren und sich nach zentral spitz zulaufend zwischen die Gelenkflächen des Femorotibialgelenkes einlagern.²

Sie vergrößern dadurch die Artikulationsfläche und verringern die auftretenden Druckkräfte. Der größere, mediale Meniskus ist mit dem straffen, tibialen Anteil des medialen Kollateralband und der Kapsel großflächig verwachsen und dadurch auf dem Tibiaplateau nur gering verschieblich. Diese Gegebenheit bedingt die hohe Verletzungsgefahr des Innenmeniskus.

Der stärker gekrümmte, kleinere laterale Meniskus ist im hinteren Abschnitt durch das Wrisberg-Ligament mit der Innenseite des medialen Femurkondylus verbunden. Durch die geringere Fixierung an Kapsel und Tibiaplateau ist der Außenmeniskus freier und besser beweglich und somit weniger verletzungsanfällig.⁴

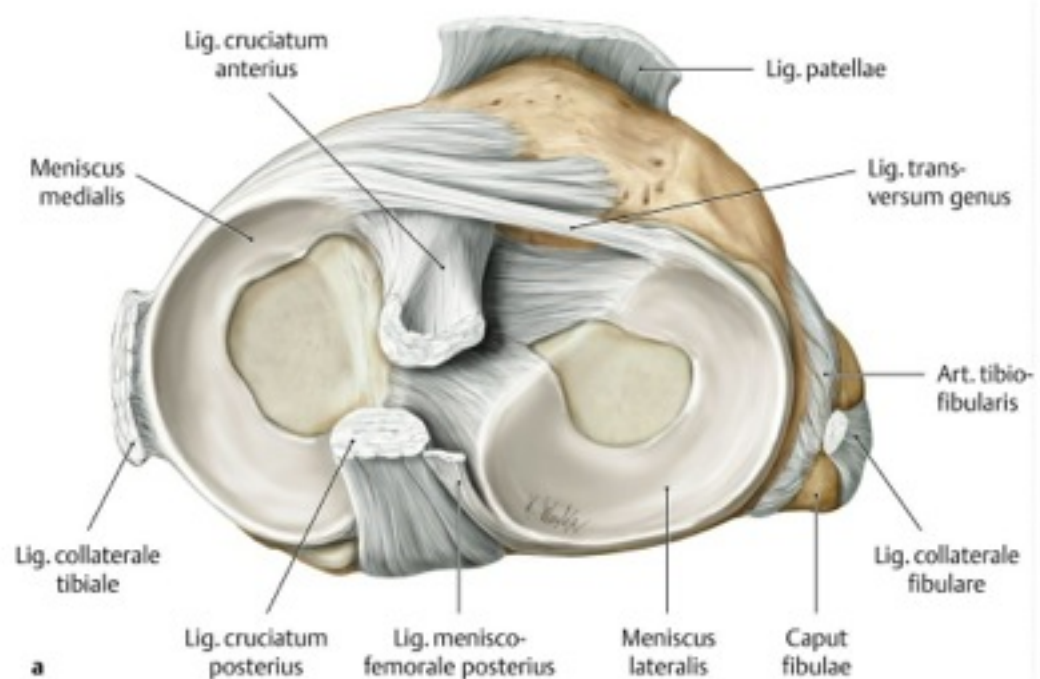


Abbildung 3: Rechtes Tibiaplateau in der Ansicht von proximal mit aufliegenden Menisci und ihren Anheftungsstellen¹

1.1.4. Bandapparat

Aufgrund der geringen knöchernen Führung entsteht die Stabilität des Kniegelenkes durch das komplexe Zusammenspiel von Gelenkkapsel, umgebender Muskulatur und dem umfangreichen Bandapparat. Diese stabilisierende Funktion wird überwiegend durch die peripheren Kollateralbänder (Lig. collaterale tibiale/fibulare), die zentralen Kreuzbänder (Lig. cruciatum anterius/posterius), das ventrale Ligamentum patellae und den sogenannten Reservestreckapparat, bestehend aus dem Retinaculum patellae mediale/laterale ermöglicht.

Die Kollateralbänder stabilisieren das Kniegelenk vor allem in Extension und verhindern eine Valgisierung bzw. Varisierung. Das Ligamentum collaterale mediale stellt eine großflächige Verstärkung der medialen Gelenkkapsel dar ¹ und verläuft breitbasig vom Epikondylus medialis femoris nach ventral-medial zur Facies medialis tibiae unterhalb der Tuberositas tibiae. Das Außenband (Lig. collaterale fibulare) befindet sich extrakapsulär und entspringt mit einem runden bis ovalen Querschnitt am lateralen Femurkondylus und zieht schräg nach dorsal-kaudal zum Caput fibulae. ²

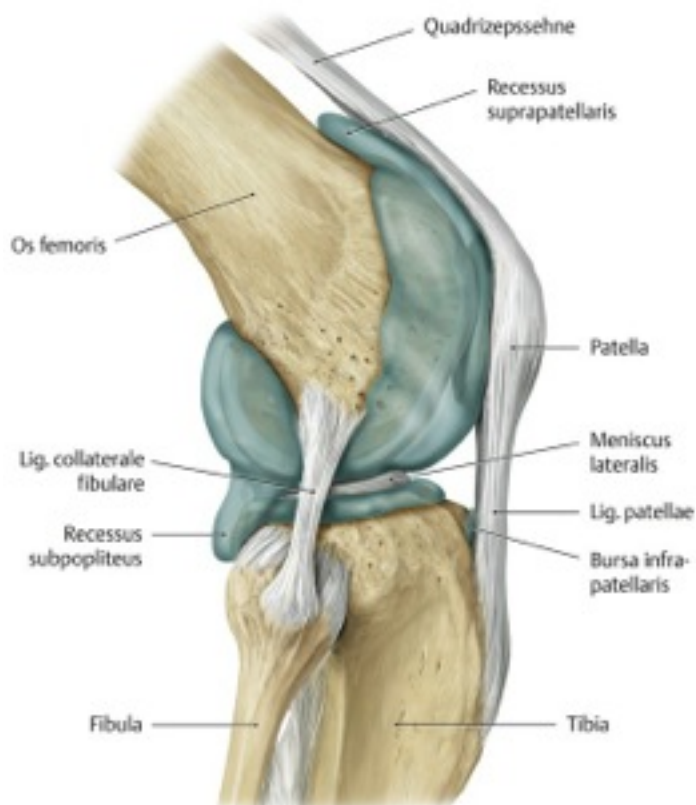


Abbildung 4: Kollateralbänder Kniegelenk rechts in der Ansicht von lateral ¹



Abbildung 5: Kollateralbänder Kniegelenk rechts in der Ansicht von medial ¹

Die topographisch und funktionell zentral gelegenen Kreuzbänder verhindern als hauptsächliche Funktion die Verschiebung von Tibia zu Femur in der Sagittalebene sowie die Innenrotation der Tibia.² Dadurch wird eine Sicherung des Kniegelenks vor allem bei Flexionsbewegungen in der Frontal-, Sagittal- und auch Horizontalebene bewirkt.

Das vordere Kreuzband (Lig. cruciatum anterius) ist dorsal an der Innenseite des lateralen Femurkondylus verankert und zieht nach medial-kaudal-ventral zur Area intercondylaris anterior der Tibia.² Das kräftigere Ligamentum cruciatum posterius entspringt ventral an Innenseite des medialen Femurkondylus und verläuft nach dorsal-kaudal-lateral zur Area intercondylaris posterior der Tibia.¹ Die maximale Spannung der Kreuzbänder wird dabei bei Extension erreicht, wohingegen sie sich bei zunehmender Flexion und Innenrotation gegeneinander verdrehen und bei Beugung und Außenrotation eine Parallelstellung einnehmen. Aufgrund dessen und durch die Faserstruktur der Kreuzbänder wird sichergestellt, dass bei jeder Stellung des Kniegelenkes Teile der Kreuzbandfasern kontrahiert sind und somit immer, selbst bei maximaler Beugung, wenn alle anderen sichernden Bänder entspannt sind, eine ligamentäre Sicherung und Führung des Kniegelenkes vorhanden ist.^{1 2}

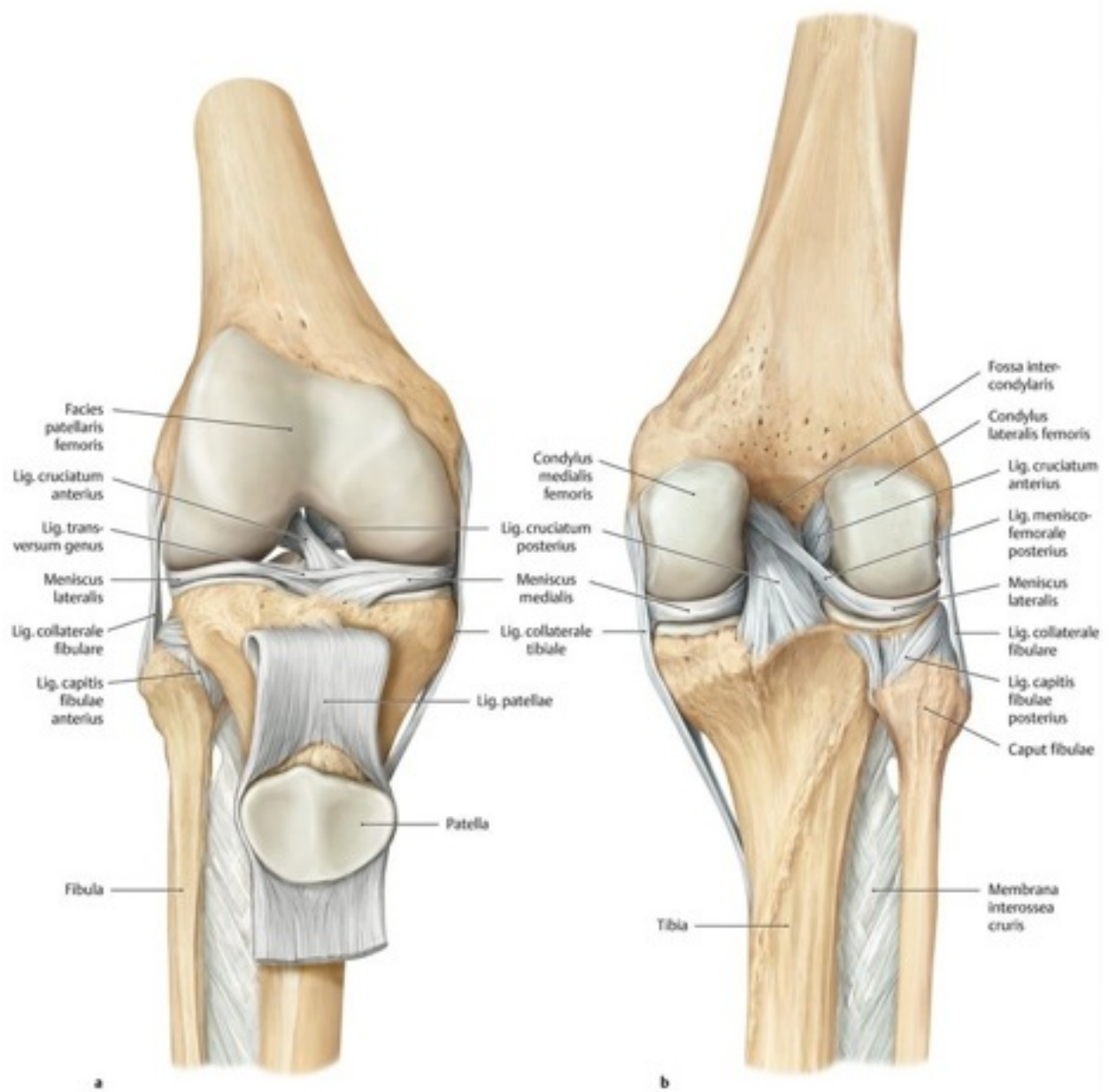


Abbildung 6: Darstellung rechtes Kniegelenk mit herunter geklapptem Lig. patellae von ventral (a) mit Sicht auf das vordere Kreuzband; von dorsal mit Sicht auf das hintere Kreuzband (b) 1

1.2. Gonarthrose

1.2.1. Definition

Die Gonarthrose stellt einen chronisch degenerativen Prozess mit Schädigung zunächst des hyalinen Knorpels (Chondromalazie) und dann der knöchernen Gelenkflächen am Kniegelenk dar. Als Folge können Knorpel- und Knochen-schäden mit Gelenkdestruktion, aseptische Entzündung der Gelenksinnenhaut, eine entzündlich bedingte Schrumpfung der Gelenkkapsel, eine Reizergussbildung im Kniegelenk sowie sekundäre Achsabweichungen entstehen.

1.2.2. Epidemiologie

Die Arthrose des Kniegelenkes (Gonarthrosis deformans) ist derzeit in Deutschland die am häufigsten diagnostizierte Arthropathie. So leiden laut GEDA-Studie 2010 ca. ein Drittel der Frauen und knapp ein Viertel der Männer im sechsten Lebensjahrzehnt darunter. Die Lebenszeitprävalenz steigt dabei signifikant mit zunehmendem Alter.⁵

Im Zeitverlauf von 2003 bis 2010 wurde zudem ein Anstieg der Arthrose-Prävalenz bei Frauen (2003: 22,6%; 2010: 27,1%) wie Männern (2003: 15,5 %; 2010: 17,9 %) verzeichnet.

1.2.3. Ursachen

Generell lässt sich bezüglich der Ursachen in die primäre, idiopathische von der sekundären Gonarthrose aufgrund diverser präarthrotischer Deformitäten unterscheiden.

Als primäre Gonarthrose bezeichnet man den Verschleiß des Kniegelenkes, welcher idiopathisch entsteht und mit biologischer Minderwertigkeit des Knorpelgewebes unklarer Ursache einhergeht.^{2 6}

Der sekundäre Gonarthrose können unterschiedliche Ursachen zu Grunde liegen:

Zum Einen präarthrotische Deformitäten wie Achsfehlstellungen (genu valgus/ varus/ recurvatum/ antecurvatum), Fehlbildungen oder auch Frakturen mit Gelenkbeteiligung.⁷ Zum Anderen können Band- oder Meniskusläsionen ursächlich für eine sekundäre arthrotische Veränderung am Kniegelenk sein.⁶

Ebenso kann die sekundäre Gonarthrose als Folge anderer metabolischer oder endokrinologischer Erkrankungen, wie einer Chondrokalzinose, Akromegalie,

Hyperparathyreoidismus, Hyperurikämie, rheumatologischen Krankheitsbildern oder Rachitis entstehen (sekundäre Arthrose).⁸

Insgesamt weisen evidenzbasierte Studien im Gegensatz zur Coxarthrose einen Zusammenhang zwischen Übergewicht und Gonarthrose nach.⁹

1.2.4.Symptome Gonarthrose

Die für eine Gonarthrose typisch klinischen Beschwerden sind gekennzeichnet durch belastungsabhängige und nächtliche Schmerzen, Bewegungseinschränkung und Spannungsgefühle im betroffenen Kniegelenk. Häufig ist die Gehstrecke vermindert und die betroffenen Patienten beklagen einen sogenannten Anlaufschmerz.

In der Maximalvariante kann sich die Gonarthrose, egal welcher Genese mit Ergussbildung bei Überbelastung und sekundärer Entzündungsreaktion manifestieren (aktivierte Arthrose).¹⁰

1.2.5.Radiologische Veränderungen

Radiologisch sind bei der Gonarthrose die typischen Arthrosezeichen wie subchondrale Sklerosierung, Verschmälerung des Gelenkspaltes, osteophyäre Anbauten oder Geröllzysten diagnostizierbar.

Im fortgeschrittenen Stadium kann es bis hin zur kompletten Deformierung des betroffenen Kniegelenkes führen.^{11 12}

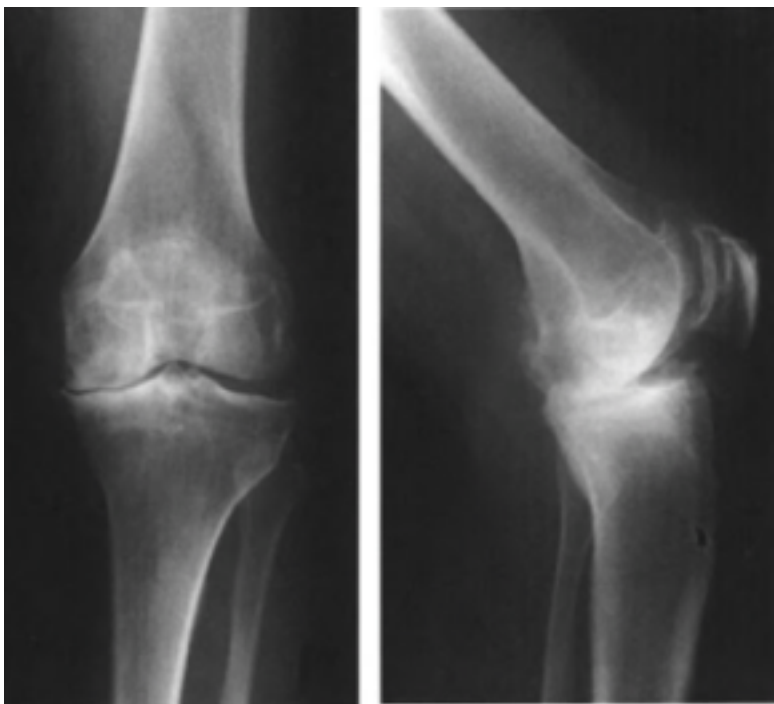


Abbildung 7: Degenerative Veränderungen im Röntgenbild bei medialer Gonarthrose

1.3. Therapie

Die Therapiemöglichkeiten des Gonarthrose sind vielfältig. Man unterscheidet in erster Linie konservative von operativen Maßnahmen.

1.3.1. Konservative Therapie

Bei beginnenden arthrotischen Veränderungen und anfänglichen Beschwerden sollte zunächst auf konservative Maßnahmen zurückgegriffen werden. Dabei spielt zum einen Physiotherapie zur Kräftigung der gelenksumgreifenden Muskulatur eine wichtige Rolle.

Zum Anderen finden physikalische Anwendungen wie Elektrotherapie, Wärme bei chronischen Beschwerden oder Kryotherapie bei akuten arthritischen Beschwerden Anwendung. Des Weiteren können belastungsreduzierende Hilfsmittel wie eine Gehhilfe auf der Gegenseite, Pufferabsätze, einseitige Sohlenerhöhung bei Achsfehlstellungen oder stützende Orthesen zum Einsatz kommen.^{13 14}

Auch Akupunktur kann im Rahmen des konservativen Therapieansatzes zur Schmerzlinderung angewendet werden.

Ergänzend kommen analgetische, antiphlogistische Präparate in oraler oder intramuskulärer Weise zum Einsatz.⁶

Auch chondroprotektive (symptomatic slow acting) Medikamente wie Chondroitinsulfat, Glukosaminsulfat sowie Diacerrhein zur Verlangsamung der Knorpeldegeneration und/oder eine Verstärkung der Knorpelregeneration können zusätzlich eingenommen werden.¹⁵

Eine Besonderheit stellt die intraartikuläre Injektion von Glucocorticoiden dar. Bei diesem Eingriff wird zunächst Gelenkflüssigkeit abpunktiert, um eine Druckentlastung in der Gelenkhöhle zu erreichen. Daraufhin wird eine Glucocorticoid-Kristall-Suspension injiziert, die stark entzündungshemmend wirkt. Diese Maßnahme sollte ausschließlich bei aktivierter Arthrose angewendet und eine Gesamtanzahl von vier Injektionen pro Jahr sollte aufgrund möglicher knorpelschädigender Effekte hierbei nicht überschritten werden.¹⁶

In gleicher Verfahrensweise kann alternativ auch Hyaluronsäure intraartikulär injiziert werden. Diese soll als Gleitmittel, antiinflammatorisch und positiv auf den Stoffwechsel der Chondrozyten wirken.¹⁴

Seit geraumer Zeit findet die Injektion von Plättchenreichem Plasma (PRP/ACP) zunehmend Anwendung.

Bei all diesen Maßnahmen handelt es sich allerdings um symptomatische und keine kurativen Therapieansätze. Das Fortschreiten der Arthrose kann dadurch jedoch verzögert werden.

1.3.2. Operative Methoden

Im fortgeschrittenen Stadium der Gonarthrose besteht bei unbeherrschbaren Dauer- oder Nachtschmerzen, massiver Einschränkung der Gehstrecke, einem ausgeprägten Leidensdruck mit Einschränkung der Lebensqualität und regelmäßiger Analgetikabedarf die Indikation für eine operative Therapie. Dabei kommen verschiedene Verfahren zur Anwendung, wobei grundsätzlich gelenkerhaltende von gelenkersetzenden Operationen unterschieden werden.

Zu den gelenkerhaltenden Eingriffen zählen zum einen arthroskopische Verfahren.

Bei leichter bis mittelgradiger Arthrose werden in einer arthroskopischen Operation Osteophyten abgetragen, freie Gelenkskörper entfernt (Débridement), Knorpelauffaserungen, -ablösungen und -defekte bzw. Aufrauungen geglättet (Shaving).

Dabei wird das Gelenk zusätzlich lavagiert, um es von abgeriebenem Knorpelmaterial und Entzündungsmediatoren zu befreien.

Die Ziele dabei sind Schmerzlinderung sowie Stabilisierung und Verbesserungen der Gelenkmechanik. Diese sind jedoch oft nicht von langer Dauer.^{17 18 19}

Im Falle einer durch Achsfehlstellung oder Meniskusschäden entstandenen unilateralen Gonarthrose besteht bei jüngeren, aktiven Patienten ohne Bandinstabilität die Möglichkeit einer varisierenden oder valgusierenden Tibiakopfumstellungsosteotomie. Dadurch kann eine korrekte Belastungsachse, welche vornehmlich durch das „gesunde“ Kompartiment führt wiederhergestellt und das erkrankte Kompartiment entlastet werden.^{6 20}

Bei unikompartimenteller, intraartikulärer Deformität kann die Implantation eines unikondylären Oberflächenersatzes (sog. Schlittenprothese) erfolgen.⁶

Bei ausgeprägten radiologischen Veränderungen in allen artikulierenden Kompartimenten und zusätzlich ausgeprägter Klinik mit hohem subjektiven Leidensdruck bleibt im fortgeschrittenen Stadium oft nur die Versorgung mit einem kompletten Oberflächenersatz aller Gelenkflächen in Form einer Totalendoprothese.

Die Gonarthrose ist bei dieser Op-Indikation so weit fortgeschritten, dass konservative Therapiemethoden keine Linderung mehr verschaffen und sowohl klinische als auch radiologische Befunde keine gelenkerhaltenden Operationsverfahren mehr erlauben²¹

1.4. Kniegelenksendoprothetik

1.4.1. Bedeutung der Kniegelenksendoprothetik in der Orthopädie

Die Implantation von Kniegelenksendoprothesen zählt mit jährlich ungefähr 158 000 Eingriffen deutschlandweit (Stand 2012) zu den am häufigsten durchgeführten Operationen in der Orthopädie und den 20 häufigsten Eingriffen in deutschen Krankenhäusern überhaupt.^{22 23}

Es handelt es sich bei der Implantation der Kniegelenksendoprothese mit einer postoperativer Zufriedenheitsrate von 90- 95%²⁴ und langer Implantatstandzeit um einen Eingriff mit sehr hoher Erfolgsquote. Aktuelle Studien können eine Implantat eine Standquote von 90 Prozent nach 15 Jahren²⁵ und 82 Prozent nach 22 Jahren nachweisen.²⁶ Die Langlebigkeit einer implantierten Knie-TEP hängt von mehreren Faktoren ab. Zum Einen spielen perioperativen Faktoren wie die exakte präoperative Planung, die Erfahrung des Operateurs, die Dauer der Operation, die sorgfältige Implantation der TEP und schließlich die adäquate postoperative Nachbehandlung eine Rolle.²⁷ Zum Anderen ist die korrekte dreidimensionale Ausrichtung der Implantate²⁸, die ligamentäre Balancierung und die exakte Rekonstruktion der physiologischen, mechanischen Beinachse essentiell für die langfristige Stabilität der Endoprothese.^{29 30} Jeffrey et al konnten bereits 1991 zeigen, dass eine korrekte Platzierung der Komponenten mit maximal 3 Grad Abweichung von der neutralen mechanischen Beinachse das Risiko von erhöhtem Abrieb, frühzeitiger Lockerung und Implantatversagen signifikant reduzieren kann.³¹ Ferner weisen einige der aktuelle Studien einen signifikanten Zusammenhang zwischen Achsfehlstellungen bei einliegender Kniegelenktotalendoprothese und frühzeitigem Implantatversagen mit Notwendigkeit einer Revisionsoperation als Folge nach.^{32 33}

1.4.2 Stellenwert der Navigationsgestützten Implantation von Kniegelenksendoprothesen

Aufgrund dieser Erkenntnisse wurden in den 1990ern verschiedene CT-gesteuerte und CT-freie Navigationssysteme zur genaueren intraoperativen Positionierung der Prothesenkomponenten entwickelt.^{34 35} Diese Systeme gewannen seitdem stetig an Beliebtheit und Bedeutung und werden bis heute auch in Deutschland vielfach routinemäßig bei der Implantation von Knie-TEPs verwendet.³⁶

Die Effektivität dieser Systeme wurde bis heute durch viele Studien untersucht. Dabei konnte eine verbesserte Platzierung der Prothesenkomponenten und eine genauere Rekonstruktion der mechanischen Beinachse im Vergleich zur konventionellen Implantation im Kurz- und mittelfristigen postoperativen Zeitraum von zwei bis sieben Jahren nachgewiesen werden.^{37 38 39 40 41}

Ein wesentlicher Vorteil der navigierten Technik bezüglich klinischen und funktionellen Aspekten wie postoperative Beweglichkeit des operierten Kniegelenkes, Patientenzufriedenheit und Notwendigkeit von Revisionsoperationen konnte in den bisher existierenden Studien für den Zeitraum von zwei bis acht Jahren nach Implantation bisher nicht erbracht werden.^{35 37 42 43 44 45 46}

Bis heute existieren kaum Daten, die den klinischen und radiologischen Langzeitverlauf von navigierten gegenüber konventionellen Knie TEPs von mindestens 10 Jahren postoperativ untersucht haben. Die ersten diesbezüglichen Ergebnisse von Schnurr et al⁴⁷ oder Nakano et al⁴⁸ und Baumbach et al⁸⁴ publizierten, zeigen sehr heterogene Ergebnisse bezüglich klinischem Ergebnis und Revisionsraten.

1.5. Zielsetzung dieser Arbeit

Mit dieser Arbeit sollen die langfristigen klinischen und radiologischen Ergebnisse mitsamt Standzeit 10-Jahre nach navigierter bzw. konventioneller Knie-TEP-Implantation ermittelt werden. Hierzu wurden in einer retrospektiven 10 Jahres Studie postoperativ verschiedene klinische, funktionelle sowie radiologische Aspekte für beide Operationsmethoden erfasst und in matched-pair Patientengruppen verglichen. Die daraus gewonnenen Langzeitergebnisse der Studie werden im Anschluss in dieser Arbeit diskutiert und in die aktuelle Studienlage eingeordnet.

2. Material und Methode

2.1. Patientengut

Im Rahmen der retrospektiven, nicht-randomisierten, verblindeten matched-pair Studie wurden insgesamt 345 Patienten, die zwischen Oktober 2000 bis Mai 2005 in der orthopädischen Klinik für die Universität Regensburg im Asklepios Klinikum Bad Abbach operiert wurden, eingeschlossen. Sie erhielten eine zementierte Knie-TEP (Modell PFC Sigma, Firma Depuy Warsaw, Indiana, USA) in konventioneller oder CT-freier navigierter Operationstechnik. Die oben genannten Patienten wurden 10 Jahre nach Implantation (Oktober 2012 bis Oktober 2013) schriftlich und telefonisch kontaktiert.

Die Studienteilnehmer wurden aus einer Gesamtzahl von ca. 2000 operierten Patienten hinsichtlich des Alters und Geschlechts angeglichen. Dabei handelte es sich um 157 Personen mit navigiert-implantierter Kniegelenktotalendoprothese (CAS, computer aided surgery) und 188 Patienten mit konventionell-implantierter Kniegelenktotalendoprothese (CON, conventional).

Aufgrund verschiedener Ausschlusskriterien konnten einige kontaktierte Patienten nicht in die Studie eingeschlossen werden. Die Ausschlusskriterien für die Teilnahme an der klinischen Nachuntersuchung waren einerseits fehlendes Interesse an einer Nachuntersuchung der einliegenden Knie TEP oder die Unfähigkeit den ambulanten Untersuchungstermin wahrzunehmen. Dabei wurden vor allem Gründe wie mangelnde Mobilität, zu große Entfernung von der Klinik oder derzeitige Morbidität genannt. (65 in der CAS Gruppe; 98 im CON Patientengut). Von den potentiellen Studienteilnehmern waren zum Nachuntersuchungszeitpunkt 20 verstorben (17 in der CAS Gruppe; 3 im CON Patientengut). Sämtliche Todesfälle standen nicht mit der Studie bzw. der Operation in Zusammenhang.

Von allen Studienteilnehmern wurde jede Art von Revisionsoperationen (3 bei CAS; 12 bei CON) erfragt. Im Falle einer anamnestisch erhobenen Revisionsoperation wurde diese zusätzlich durch den Hausarzt oder behandelnden Orthopäden schriftlich oder telefonisch verifiziert.

Nach Ausschluss der nicht geeigneten, kontaktierten Personen konnten letztendlich mit einer Ausfallquote von 57% aus jeder Patientengruppe je 75 Patienten für eine klinische und radiologische Nachuntersuchung des operierten

Kniegelenkes gewonnen werden. Dabei wurden zunächst 75 Patienten aus der CAS-Gruppe für ein klinisch-radiologische Nachuntersuchungen rekrutiert (CAS₁) und anschließend in Alter und Geschlecht dazu passende Patienten aus der CON Gruppe ausgewählt (CON₁). Das Durchschnittsalter in der CAS₁ betrug dabei 71,1 Jahre und 75,3 Jahre im CON₁ Patientengut. Der Anteil an weiblichen Patienten war bei CAS₁ 67% und 66% in der CON₁ Gruppe. Diese 75 CAS₁ und 75 CON₁ matched-pair Patienten stellten den endgültigen Datensatz unserer klinischen und radiologischen Nachuntersuchung dar.

Durch das Rekrutieren von je 75 Patienten sollten sicher verwertbare Daten für 70 Patienten jeder Gruppe bei der anschließenden Langzeitanalyse garantiert und so eine Effektstärke von 0,5 mit einer Power von 80% erzielt werden.

Für die Auswertung der Standzeit bzw Revisionsrate wurden alle kontaktierten Personen eingeschlossen. Hierbei entfielen 157 Kontakte auf die navigierte Gruppe und 188 auf die konventionelle Gruppe.

Die oben genannte klinische und radiologische Studie wurde vom lokalen Forschungskomitee und der Ethikkommission genehmigt. (Genehmigungsnummer 12-101-0147)

2.2. Operatives Vorgehen

Alle 150 Kollektivpatienten erhielten zwischen Oktober 2000 und Mai 2005 einen standardisierten, tibial und femoral zementierten, kreuzbanderhaltenden, bikondylären Oberflächenersatz des Kniegelenkes (Typ PFC Sigma) der Firma DePuy, Warsaw USA. Dabei wurden 75 Kniegelenktotalendoprothesen (Knie TEP) in konventionellem, knöchern referenziertem Operationsverfahren und 75 Kniegelenktotalendoprothesen mithilfe eines CT-freien Navigationssystem bandspannungsadaptiert implantiert. Alle Eingriffe wurden von erfahrenen orthopädischen Chirurgen (> 500 Knie TEPs) durchgeführt, welche zudem vertraut waren mit den beiden zu jener Zeit verwendeten CT-freien Navigationssystemen (Vector Vision sowie Ci Knee, Versions 1.0, BrainLab Feldkirchen, Germany/ DePuy Orthopaedic Inc. Johnson and Johnson, Warsaw IN, USA)

2.2.1 konventionelles Operationsverfahren

präoperative Maßnahmen

Bei allen Patienten wurden zunächst präoperativ standardisierte Röntgenaufnahmen vom betroffenen Kniegelenk angefertigt. Dabei handelt es sich um belastete Kniegelenksaufnahmen (a.p. und seitlich) in zwei Ebenen, eine Ganzbeinaufnahme unter Belastung in anterior-posterior Projektion sowie eine Patella-Defilée Aufnahme in (45 Grad Flexion). Die daraus gewonnenen Daten waren essentiell für die anschließende präoperative Planung der TEP und gaben Aufschluss über das Ausmaß der Achskorrektur und die ungefähre Implantatgröße.⁴⁹ Ebenso konnte die Notwendigkeit einer Rekonstruktion von Knochendefekten oder Verwendung einer Spezialendoprothese bereits präoperativ ermittelt und geplant werden.⁵⁰

Die Lagerung der Patienten erfolgte in Rückenlage und unter Stabilisierung des betroffenen Beins durch eine Seitstütze. Zusätzlich wurde nach Auswicklung des Beins mittels Manschette am proximalen Femur eine Blutleere von 350 mmHg angelegt.

intraoperatives Vorgehen

Nach gerader anteriorer Längsinzision der Haut mittig über der Patella und Eröffnung des Kniegelenkes mittels Arthrotomie durch einen medialen parapatellaren Zugang entlang des medialen Patellarandes⁵¹ wurde eine subtotale Resektion des Hoffa Fettkörpers durchgeführt. Die Patella wurde nach lateral evertiert und das eröffnete Kniegelenk in Flexionsstellung gebracht.

1.konventionelle, knöchern referenzierte Operationsmethode:

Nach Resektion der Menisci und von vorhandenen Osteophyten folgte die Eröffnung des femoralen Markraums, je nach präoperativer Planung im anterioren Bereich der femoralen Notch⁵² und das Einbringen eines intramedullären Führungsstabes in das Femur. Dieser diente im Folgenden als Verankerung des Schnittblockes für die distalen Resektionsflächen. Der Schnittblock wurde je nach präoperativ berechneter Achskorrektur meist in einem Winkel zwischen 5 und 7 Grad zur anatomischen Beinachse ausgerichtet und in einem 90 Grad-Winkel zur Beinachse fixiert. Anschließend wurde der distale Femursägeschnitt durchgeführt. Die Resektionshöhe wurde dabei durch das Instrumentarium vorgegeben und von der Dicke des Implantats (9mm) bestimmt.⁵³ Anschließend konnte die Größe der späteren Femurkomponente und des zugehörigen Säge-

blocks mit Hilfe einer Messlehre bestimmt werden. Nun wurde die Rotation des Femurschildes durch die fixe Ausrichtung des passenden Sägeblocks von 3° Außenrotation zur posterioren Kondylenlinie (Tangente der beiden hinteren Kondylen) festgelegt und markiert. Als nächster Schritt wurden die übrigen anterioren, posterioren sowie schrägen, femoralen Sägeschnitte mit Hilfe des vier-in-eins Sägeblocks durchgeführt.

Bei der Präparaten des tibialen Anteils wurde als Erstes das vordere Kreuzband gemeinsam mit den verbliebenen Meniskusanteilen unter Erhaltung des hinteren Kreuzbandes reseziert. Für die darauffolgende Ermittlung der tibialen Resektionsebene wurde im Weiteren auf ein extramedulläres Ausrichtungssystem zurückgegriffen. Dabei wurde das extramedulläre Instrumentarium am flektierten Kniegelenk distal mit einer Spange auf die Mitte des Sprunggelenkes/Talus ausgerichtet und proximal vor dem tibialen Ansatz des vorderen Kreuzbands fixiert. Die nun klassische varus/valgus Ausrichtung erfolgte in 90° zur mechanischen Tibiaachse. Für die Einstellung des gewünschten Slope, dem Abfallen der tibialen Schnittfläche nach dorsal, intraoperativ 5° wurde eine Abstell-schraube am distalen Ende des Tibiaausrichtung verwendet.

Die tibiale Rotation wurde parallel zur Verbindungslinie zwischen Ansatz des hinteren Kreuzbandes und dem Übergang mediales 1/3 zu den lateralen 2/3 der Tuberositas tibiae eingestellt. Nun konnte mit einem Taster die tibiale Resektionshöhe bestimmt werden, welche so gewählt werden sollte, dass im gesunden Kompartiment (medial/lateral) mindestens die Höhe des Tibiaimplantats mit dem dünnsten Inlay reseziert wird. Es folgte dann nach Befestigung der Sägelehre die Resektion der proximalen Tibiagelenkfläche. Mit Hilfe von vorgefertigten Tibia-Basisplatten-Bohrlehren wurde anschließend zunächst die Größenbestimmung der proximalen Tibiafläche durchgeführt, und unter möglichst exakte Ausrichtung schließlich in dieser Stellung fixiert. Im Anschluss wurde nach Aufbahrung ein Tibiadorn zur Präformierung des späteren, zementierten Schaftes der Tibiakomponente eingeschlagen.

Vor Implantation der definitiven Komponenten musste zunächst eine Begutachtung von Beuge- und Streckspalt und die korrekte Lage der Prothesenkomponenten mittels Spacerblöcken bzw. Probeimplantaten erfolgen, um den korrekten Sitz und Achsausrichtung der tibialen und femoralen Elemente zu garantieren und die Gelenkbeweglichkeit und Stabilität in antero-posteriorer und medio-lateraler Richtung zu überprüfen. Des Weiteren musste der Patellalauf begut-

achtet und gegebenenfalls durch subtiles, laterales Patellarelease korrigiert werden. Ergänzend wurde routinemäßig eine Resektion von sklerosiertem Knochen und Osteophytenabtragung an der Rückfläche der Patella sowie eine zirkuläre Denervierung um die Patella vorgenommen .

Im letzten Schritt erfolgte abschließend nach Jet-Lavagierung der Knochen die Implantation der definitiven tibialen und femoralen Komponenten unter Verwendung von gentamycinhaltigem Knochenzement (Palacos) am tibialen und femoralen Element. Nach nochmaliger Funktions- und Beweglichkeitsprüfung und radiologischer Kontrolle der endgültig implantierten Komponenten in 2 Ebenen wurde die Operation nach Eröffnen der Blutleere mit schichtweisem Wundverschluss unter adäquater Blutstillung vollendet. Abschließend wurde ein Kompressionsverband angelegt.

postoperative Maßnahmen

Das postoperative Management beinhaltete eine zügige Mobilisation des Patienten. Die intraoperativ eingebrachte Redondrainage wurde am 2. postoperativen Tag entfernt. Danach wurde zeitnah eine passive Mobilisation mittels CPM Schiene und eine aktiv-assistierte Mobilisierung unter Vollbelastung mithilfe der Physiotherapie begonnen. Eine adäquate Schmerztherapie in den ersten Tagen auch in Form eines Schmerzkatheters war dabei ebenso essentiell, wie physikalische Maßnahmen wie Kühlung, Hochlagerung und Lymphdrainage. In der ersten Woche wurde zunächst eine Flexion von maximal 70° zur Schonung der Nähte erlaubt, ab der zweiten Woche ist der volle Bewegungsumfang erlaubt und erwünscht. Die erste radiologische Nachuntersuchung erfolgte nach einer Woche postoperativ. Meist wurde eine 3-wöchige Anschlussheilbehandlung zur Rehabilitation und Wiederherstellung der Alltagsfähigkeit ab dem 8. postoperativen Tag eingeleitet.

2.2.2 CT-freie Vector Vision Navigationsmethode

präoperative Maßnahmen

Die präoperativen Maßnahmen wie Röntgenaufnahmen, Op-Vorbereitung, Lagerung und Anlage der Blutleere erfolgte analog zur konventionellen Operationmethode. Die Navigationseinheit wurde vor Beginn des Eingriffs im Operationssaal am gegenüberliegenden Fußende des Patienten positioniert und der steril abgedeckte Monitor so eingestellt, dass eine freie Sicht für das OP Team gewährleistet ist.

intraoperatives Vorgehen

Auch hier erfolgte nach Hautinzision die mediale-parapatellare Eröffnung des Kniegelenks, Evertierung der Patella sowie anschließende Flexion des Kniegelenks. Dem schloss sich die Befestigung der Referenzbasen am distalen Femur und der proximalen Tibia mittels Schanz-Schrauben an.

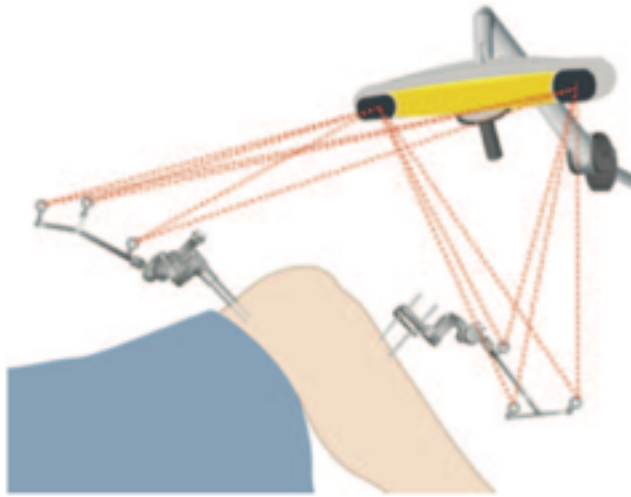


Abbildung 8: Erfassung der Referenzbasen mit Infrarotkamera ⁵⁴

Diese wurden durch die optische Tracking Einheit des Navigationssystems mit einer Infrarotkamera erfasst. ⁵⁴



Mittels kreisenden Bewegungen des betroffenen Beins im Hüftgelenk, berechnete das System bei korrektem Ausführen, das Hüftkopfbereich über einen Pivotieralgorithmus.

Abbildung 9: Ermittlung Hüftkopfbereich (Vector vision Monitorbild)



Es folgte die schematische Registrierung der tibialen Landmarken durch Abtasten von vorgegebenen, knöchernen Oberflächenpunkten im Kniegelenksbereich und an beiden Malleolen mittels Infrarot Zeiger.

Abbildung 10: Abtasten der tibialen knöchernen Landmarken (Vector vision Monitorbild) ⁵⁴



Abbildung 11: Abtasten der knöchernen Landmarken an den Malleolen (Vector vision Monitorbild) ⁵⁴

Anhand der dabei erfassten Daten generierte das Navigationssystem eine adaptierte, dreidimensionale Abbildung der realen Patientenanatomie, die mechanischen Beinachse von Femur und Tibia in coronarer und sagittaler Ebene sowie einen Planungsvorschlag für die Größe und Position der Implantate. ⁵⁵

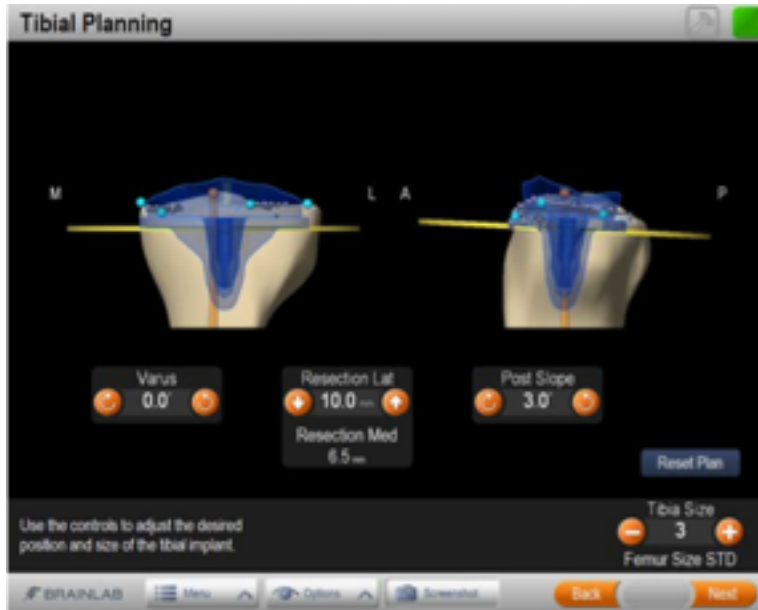


Abbildung 12: Planungsvorschlag für die tibiale Resektion (Vector Vision Monitorbild) ⁵⁴

Implantatgröße und Ausrichtung konnten dabei durch den Operateur modifiziert werden. Für die anschließende Feinjustierung der Komponenten befestigte der Operateur daraufhin jeweils eine Referenzbasis an den femoralen und tibialen angebrachten Schnittblöcken und überprüfte bzw. korrigierte die Positionierung anhand optischer Kontrolle am Bildschirm.

Bei der navigationsgestützten Implantation wurde nach o.g. Ausrichtung des Schnittblocks mit der tibialen Resektion begonnen. Anschließend wurden die (Rest-) Menisci sowie Osteophyten entfernt. Nach abschlossener tibialer Resektion wurden die dadurch entstandenen Schnittflächen wiederum anhand der

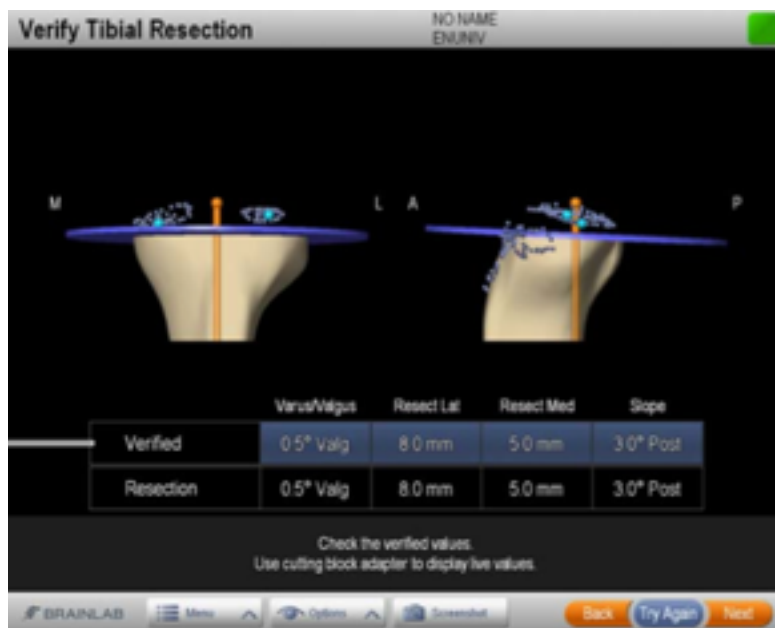


Abbildung 13: Verifizierung der tibialen Resektion (Vector Vision Monitorbild) ⁵⁴

Verifizierungsfunktion des Navigationsgerätes validiert und die Beinachse sowie Bandstabilität dokumentiert.

Als nächstes kam gemäß der bandspannungs-adaptierten Operationstechnik ein Spreizer mit einer Distraktionskraft von 90N zum Einsatz, welcher zuerst in Extension verwendet wurde, um den Extensionspalt zu überprüfen und eventuell ein Bandrelease durchzuführen. Diese Maßnahme ist essentiell um einen

symmetrischen Extensionspalt zu erhalten.



Abbildung 14: Weichteilbalancierung (Vector Vision Monitorbild) ⁵⁴

Im Anschluss konnte in gleicher Weise die Bandspannung sowie der Flexionsspalt in 90° Flexion ermittelt und gegebenenfalls korrigiert werden.

Analog zum tibialen Vorgehen, erfolgte nach Abtastung der Landmarken und Planung der femoralen Komponente, die Ausrichtung zunächst des distalen, femoralen und anschließend des 4-in-1 Schnittblocks navigationsgestützt. Anschließend wurde analog die korrekte Lage der Schnittflächen mit Hilfe des Navigationssystems am Bildschirm verifiziert.

Als abschließender Schritt der intraoperativen Navigation wurde die finale Achsausrichtung mit Implantaten überprüft und konnte ergänzend mit den präoperativen Werten verglichen werden.

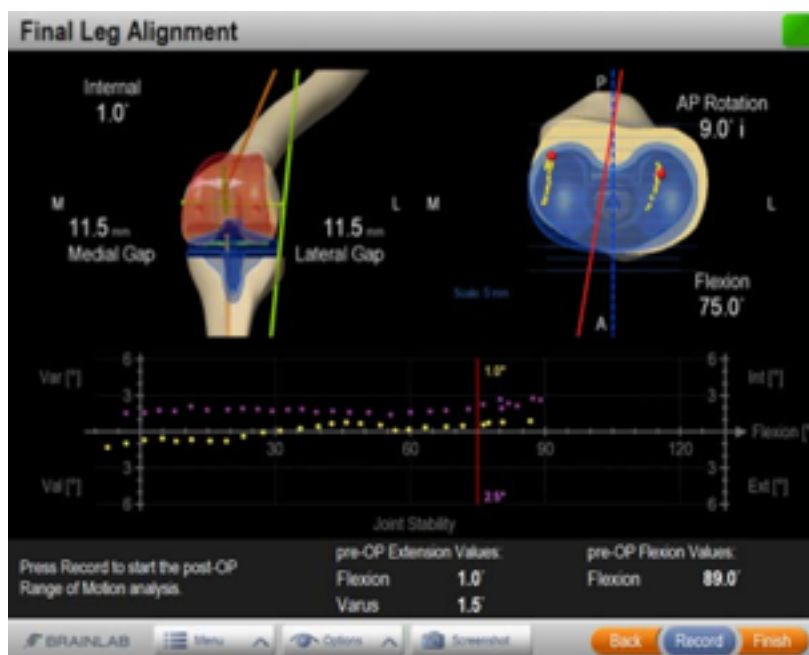


Abbildung 15: Verifizierung der finalen Achsausrichtung (Vector Vision Monitorbild) ⁵⁴

Das Einsetzen der Probekomponenten und anschließend der endgültigen Implantate unter Verwendung von Knochenzement tibial- und femoralseitig, die Präparation der Patellarrückfläche, Blutstillung und Wundverschluss lief analog zur konventionellen Operationsmethode ab. ^{53 56 57}

postoperatives Management

Auch hier durchlaufen die Navigations-Patienten dasselbe, postoperative Programm mit passiver und aktiv-assistierter Mobilisation, Schmerztherapie, sowie Anschlussheilbehandlung.

2.3. Beschreibung des Navigationssystems Vector vision bzw Ci Knee, Versions 1.0, BrainLab

Das bei unseren Patienten verwendete Vector Vision System (Brainlab AG Feldkirchen Germany) wird als CT-freies, passives Navigationssystem bezeichnet.⁵⁸ Eine präoperative Diagnostik mittels CT wird bei diesem System nicht benötigt. Als passiv wird es aufgrund der Tatsache bezeichnet, dass die intraoperativ verwendeten Referenzbasen ohne Stromversorgung in Form von Kabeln oder durch Batterien auskommen.⁵⁹

In die im Op Saal installierte Navigationseinheit besteht sowohl aus einem Kameraarm mit Infrarotkamera als auch einer zentralen Arbeitsstation zur Verrechnung der Daten integriert. Das Prinzip des Navigationssystems basiert generell auf Emission, Reflexion und Detektion von Infrarotstrahlen. Dabei reflektieren die zu Beginn der navigationsgestützten Operation femoral und tibial eingebrachten Referenzbasen mit ihren Markerkugeln, die von der Infrarotkamera emittierten Infrarotstrahlen. Die reflektierten Strahlen werden wiederum durch die Kamera detektiert. Mit Hilfe deren Ein/Ausfallswinkel kann das System nun die dreidimensionale Lage und Ausrichtung der Referenzbasen und somit von Tibia/Femur berechnen. Dies dient für die nächsten Operationsschritte als wertvolle Unterstützung und Orientierungshilfe bei der dreidimensionalen Ausrichtung der Implantate. Auf gleichem Prinzip basiert das anschließende Abtasten von festgelegten knöchernen Oberflächenstrukturen/Malleolen mittels Zeiger, denn auch dieser ist mit reflektierenden Markerkugeln versehen. Auch die Sägeschnittblöcke für die endgültigen Resektionsschnitte können mit reflektierenden Referenzbasen versehen werden, um die korrekte Lage der Sägeschnitte zu überprüfen. Die Steuerung des gesamten Navigationsprozesses erfolgt durch den Operateur an einem steril abgedeckten Bildschirm mit Berührungsfunktion und kommt somit ohne Kabel oder Pedale aus.⁶⁰ Über eine Softwareerweiterung kann das Vector Vision Navigationssystem mit selbem Prinzip ebenfalls für andere navigationsgestützte Eingriffe in der Hüftendoprothetik sowie Wirbelsäulen- und Traumachirurgie verwendet werden.

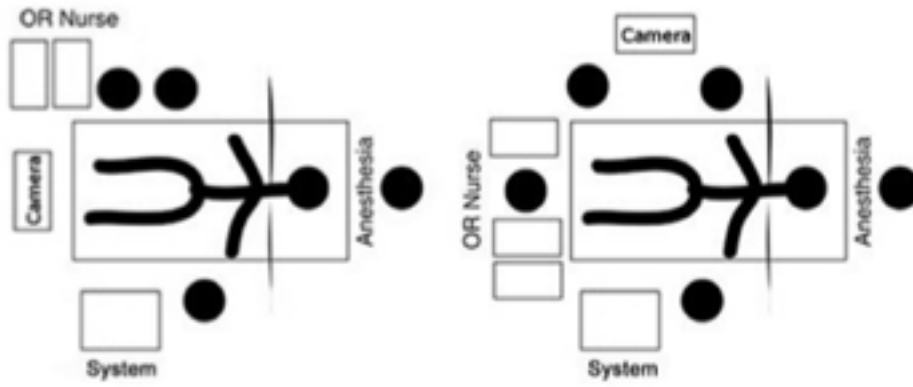


Abbildung 16: Schematischer Aufbau Navigationssystem im Op Saal ⁵⁴



Abbildung 17: Schematische Darstellung Vector Vision Navigationssystem Brainlab ⁵⁴

2.4. Ablauf der Nachuntersuchung

Nach Kontaktaufnahme und Einschluss in unser Patientenkollektiv stellten sich die 150 Patienten (75 CAS₁ ;75 CON₁ Patienten) in einem Zeitraum vom Oktober 2012 und Oktober 2013 für einen ambulanten Nachsorgetermin in einer speziell dafür eingerichteten Sprechstunde in der orthopädischen Klinik der Universität Regensburg im Asklepios Klinikum Bad Abbach vor.

2.4.1 Fragebogen

Die klinischen und funktionellen Daten wurden dabei anhand eines eigens zusammengestellten Fragebogens erhoben (siehe Anhang), welcher vorab teilweise vom Patienten ausgefüllt und zum vereinbarten Termin mitgebracht wurde. Dieser beinhaltete zur Erfassung möglichst vieler Aspekte des postoperativen klinischen Befindens mehrere verschiedene klinische Scores, welche durch Umwandlung von klinischen und subjektiven Aussagen in numerische Skalen ermittelt und berechnet wurden.

2.4.1.1 WOMAC Score

Im Western Ontario and Mc Master Universities Osteoarthritis Score (WOMAC)⁶¹ wurden zum einen Schmerz und Steifigkeit im operierten Knie beim Gehen, Stehen, Treppensteigen und Sitzen und zum anderen Schwierigkeiten bei verschiedenen Alltagstätigkeiten wie Einkaufen, Autoaussteigen oder Socken anziehen abgefragt. Die Patienten sollten dabei auf einer Visuellen „Kästchenskala“ von 0 bis 10 das zutreffende Kästchen ankreuzen. Die angekreuzten Werte wurden anschließend zu einem Gesamtscore addiert. Der Maximalwert für den WOMAC Gesamtscore lag dabei bei 240 Punkten, wobei eine niedrige Punktzahl wenig Schmerzen und Schwierigkeiten entsprach.

2.4.1.2 Visuelle Analog Skalen

Des Weiteren waren Visuelle Analog Skalen enthalten, welche die postoperative Verbesserung oder Entlastung im operierten Knie bei verschiedensten Bewegungen wie Gehen, Stehen, Treppensteigen, sportliche Aktivität und Alltagstätigkeiten abfragte. Dabei wurde zwischen „zurück zum Normalzustand/komplette Verbesserung“, „große-, kleine Verbesserung“ und „keine Verbesserung“ unterschieden. Auch hierbei sollte das zutreffende Feld markiert werden. Bei der Umwandlung in eine numerische Skala wurden dabei maximal vier Punkte

für „zurück zum Normalzustand/komplette Verbesserung“ und minimal 0 Punkte für „keine Verbesserung“ vergeben und durch Addition wiederum ein Gesamtscore ermittelt. Der maximal zu erreichende Wert für den Gesamtscore war somit 72 Punkte.

Zudem waren im Fragebogen Fragen zur generellen Zufriedenheit mit der einliegenden Kniegelenkstotalendoprothese integriert.

2.4.1.3 Mancuso Score

Als letzter Teil des Fragebogens sollte eine modifizierte Version des Mancuso Scores ⁶² ausgefüllt werden. Dieser beschäftigte sich mit den präoperativen Erwartungen und Prioritäten des Patienten in Bezug auf den klinischen postoperativen Verlauf des operierten Knies. Dabei wurden Dinge wie Verbesserung der Gehfähigkeit und Aktivität im täglichen Leben, verbessertes Treppensteigen oder Schmerzlinderung thematisiert. Das zutreffende Feld war hierbei unter „sehr wichtig“, „wichtig“, „weniger wichtig“, „nicht wichtig“ und „nicht zutreffend“ auszuwählen. Numerisch wurden für die statistische Auswertung maximal vier für „sehr wichtig“ und null Punkte für „nicht zutreffend“ vergeben und anschließend zum Mancuso Gesamtwert zusammengefasst. Maximalwert war beim Mancuso Score somit 68 Punkte und gab Auskunft über das Ausmaß an Prioritäten bezüglich des operierten Beins.

Abschließend wurden eventuell statt gefundene Revisions- oder Korrekturoperationen abgefragt und vermerkt. Verifiziert wurden die Patientenangaben über telefonische Kontaktaufnahme mit dem behandelnden Hausarzt bzw. niedergelassenen Orthopäden.

2.4.2 klinische Untersuchung

Alle Patienten wurden in standardisierter Weise in gleicher Abfolge von einem verblindeten Untersucher klinisch untersucht und bewertet. Diese umfasste zunächst die Bestimmung des Bewegungsumfanges „Range of Motion“ im operierten Knie mit Hilfe eines Goniometers. Dabei konnten eventuelle Streckdefizite oder Beugekontrakturen detektiert und dokumentiert werden. Des Weiteren wurde ein evtl. bestehender Gelenkserguss, die medio-laterale und anterior-posteriore Stabilität des Bandapparates, der Patellaufschlag und die Aufklappbarkeit des operierten Kniegelenkes überprüft. In einem weiteren Schritt wurde Gang-

bild, Beinachse und die Beinlänge im Seitenvergleich analysiert und eventuelle Auffälligkeiten wie Achsfehlstellungen oder Beinlängendifferenzen notiert.

Die Ergebnisse der klinischen Untersuchung wurden zusammen mit anderen klinischen und funktionellen Aspekten im Knee Score ⁶³ zu einem klinischen Score zusammengefasst und verrechnet. Dabei werden zu 75% subjektive und 25% objektive Kriterien berücksichtigt. Im ersten Teil wurden das Thema „Schmerz im operierten Bein“ und die eben erfolgte, klinische Untersuchung abgefragt und die zutreffende Punktzahl ausgewählt bzw berechnet. Punktabzüge wurden dabei für Flexionskontraktur, Streckdefizit oder Malalignment vergeben. Im zweiten Teil wurden Punktzahlen für funktionelle Aspekte wie schmerzfreie Gehstrecke und die Fähigkeit des Treppensteigens notiert bzw angekreuzt. Hierbei stellt die Benötigung von Gehhilfen im Alltag einen Punktabzug dar. Anschließend wird ein Gesamt-Score durch Addition aller Punkte inklusive Punktabzüge ermittelt. Der maximal zu erreichende Punktwert liegt bei 100 Punkte.

2.4.3 radiologische Untersuchung

Analog zu den präoperativ durchgeführten Röntgenbildern wurden im Rahmen der Nachuntersuchung standardisierte Aufnahmen des operierten Knies durchgeführt. Dabei wurden wiederum belastete Kniegelenksaufnahmen (a.p. und seitlich) in zwei Ebenen, eine Ganzbeinstandaufnahme unter Belastung in anterior-posterior Projektion sowie eine Patella-Tangential Aufnahme in 45 Grad Flexion aufgenommen. Alle Aufnahmen wurden zunächst auf Osteolysen oder Lockerungssäume untersucht und das korrekte Einliegen der Komponenten überprüft.

Im Anschluss daran folgte die Vermessung der Ganzbeinstandaufnahmen um folgende u.g. radiologische Parameter zu erheben:

Die Auswertung erfolgte in standardisierter Abfolge mit Hilfe der medizinischen Planungssoftware MediCAD, Hectec, Altfrauenhofen, Germany.



Abbildung 18: Vermessung der mechanischen Beinachse (a) und der koronaren tibialen/femorale Ausrichtung der Komponenten (b) in der Ganzbeinstandaufnahme

In der Ganzbeinstandaufnahme wurden die mechanische Beinachse (a) und die koronare Ausrichtung der tibial (b) und femoral (c) einliegenden Komponente gemäß dem Knee Society Radiological Score⁶⁴ ermittelt. Die mechanische Beinachse stellt dabei die Verbindungslinie zwischen dem Hüftkopfbereich, der Notch der femoralen Komponente, der Mitte des tibialen Implantats und dem Zentrum des oberen Sprunggelenkes dar. Der ideale Wert für a ist 180° , wobei $a > 180^\circ$ ein genu valgum und $a < 180^\circ$ ein genu varum repräsentiert.

Für die statistische Auswertung wurde die jeweilige Abweichung von der idealen Beinachse notiert.

Die koronare, femorale Ausrichtung wurde als Winkel zwischen der Verbindungslinie von Hüftkopfbereich und Zentrum der femoralen Notch und der Tangente der Femurkondylen gemessen. In gleicher Weise wurde die koronare, tibiale Ausrichtung als Winkel zwischen der Verbindungslinie von Sprunggelenkszentrum und Mitte des tibialen Implantats und der Tangente des Tibiaplateaus gemessen. Bei beiden Ausrichtungen galt 90° als Idealwert.

In der seitlichen Aufnahme des Kniegelenkes wurde die sagittale Ausrichtung evaluiert: Zum einen die sagittale, femorale Ausrichtung/Flexion (d), zum Anderen der tibiale Slope (e). Auch dabei wurde die Abweichung von den Idealwerten registriert und dokumentiert.

Der sagittale, femorale Komponentenwinkel (d) wurde als der Winkel zwischen vorderen, femoralen Cortex und dem inneren, frontalen Teil der femoralen Komponente bemessen.⁶⁵ Nach Abzug von 5° als Korrekturgröße aufgrund eines standardisierten, bestehenden Öffnungswinkel der einliegenden Endoprothese von 95°, stellt er das Ausmaß der Flexion der femoralen Komponente dar. Im Idealfall lag diese bei 0°.

Der tibiale Slope (e) wurde als Abweichung vom Winkel zwischen den Tangenten des hinteren tibialen Cortex und dem Tibiaplateau (Idealwert 90°) gemessen.

Die Werte des Patella tilt (g) und shift (f) wurden mittels Patella Defilée Aufnahmen ermittelt. Der Patella tilt (f) wird durch den Winkel zwischen der transversalen Patellaachse und der vorderen Interkondylarlinie repräsentiert. Die transversale Achse ist dabei als Verbindung zwischen medialem und lateralem Patellarand zu verstehen. Auch hierbei lag der Idealwert bei 0°.

Für die Ermittlung des Patella shift wurde zunächst die Mitte der vorderen Interkondylarlinie und der transversalen Patellaachse ermittelt, ein mittiges Lot darauf gefällt und im Anschluss der Abstand der gefällten Lote bestimmt.^{66 67}



Abbildung 19: Vermessung der sagittalen Ausrichtung (d) der femoralen Komponenten und des tibialen Slope (e) in der seitlichen Aufnahme

Der ideale Wert war dabei eine Verschiebung von 0mm.

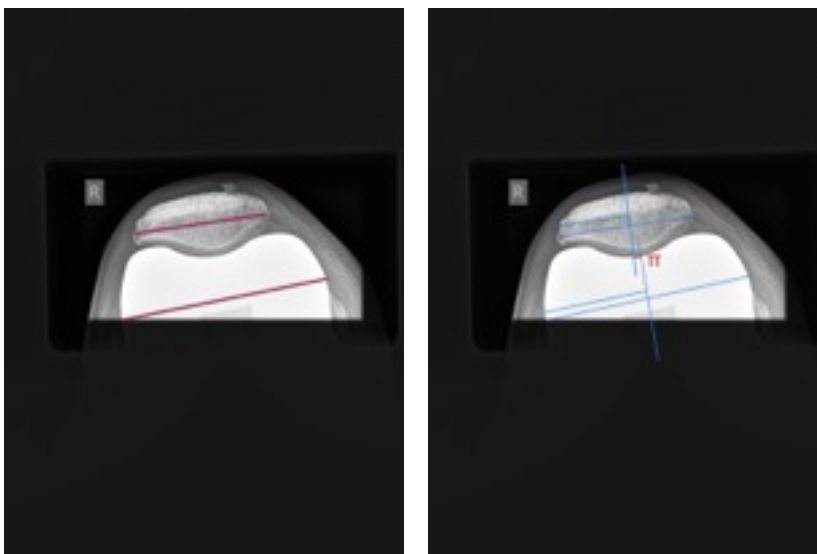


Abbildung 20: Vermessung des Patella tilt (g) links und Patella shift (f) rechts in der Patella Defilée Aufnahme

Leider mussten fünf Patienten der CAS₁ Gruppe von der radiologischen Vermessung aufgrund von höhergradigen, extraartikulären Deformitäten ausgeschlossen werden, sodass sich für die statistische Analyse der radiologischen Daten eine Populationsgröße von 70 bei den navigierten Patienten (CAS₂) ergab.

2.4.4 Revisionsbedürftigen Spätkomplikationen und Revisionsoperationen

Für die Erfassung postoperativen Spätkomplikationen und daraufhin notwendiger Revisionsoperationen, wurden alle kontaktierten Personen eingeschlossen. Die Daten für die statistische Analyse wurden aus den Populationen aller kontaktierten, navigierten Patienten (CAS; n = 157) und aller kontaktierten, konventionellen Patienten (CON; n= 188) gewonnen.

In beiden Populationen wurden zunächst die aufgetretenen Spätkomplikationen dokumentiert und anschließend anhand der daraufhin durchgeführten Revisionsoperation kategorisiert. Dabei wurden generell Eingriffen mit und ohne Prothesenwechsel unterschieden.

2.4.4.1 postoperative Spät komplikationen und Revisionsoperation ohne Prothesenwechsel

Hier wurden Patienten mit anteriorem Knieschmerz oder milder Varus-Valgus-Instabilität erfasst. Bei Patienten mit vorderem Knieschmerz war bei patellarer Hyperpression nach Ausschöpfen der konservativen Möglichkeiten eine Patella-resektionsarthroplastik mit Raffung des medialen Halteapparats notwendig.

Bei Patienten mit milder Varus-Valgus-Instabilität wurde ein Inlaywechsel auf ein höheres Modell durchgeführt, um einen kompletten Prothesenwechsel zu vermeiden.

2.4.4.2 postoperative Spät komplikationen und Revisionsoperation mit Prothesenwechsel

Zu den revisionspflichtigen Spät komplikationen mit Prothesenwechsel zählte die postoperative Lockerung der implantierten Kniegelenktotalendoprothese. Dabei wurde zwischen aseptischer Lockerung, meist aufgrund von PE-Abriebphänomenen oder inadäquatem Prothesenalignment^{32 33} und septischer Lockerung bei postoperativem Früh- oder Spätinfekt unterschieden. Beide Formen der TEP-Lockerung resultieren meist in Schmerzen sowie Instabilität im operierten Knie⁶⁸ und stellen eine eindeutige Indikation zum Austausch der einliegenden Prothesenkomponenten im Sinne eines ein- oder mehrzeitigen TEP- Wechsels dar.⁶⁹

Auch Patienten mit frustranen Revisions-Weichteileingriffen und dennoch bestehenden Instabilitätsphänomenen, stellen eine Indikation zum kompletten Prothesenwechsel dar. Patienten mit einem solchen postoperativen Verlauf wurden ebenfalls vermerkt.

Zur Verifizierung der hier gewonnenen Revisionsdaten wurden die OP-Berichte bzw. die revisionsspezifischen Unterlagen vom jeweiligen Hausarzt bei ex domo revidierten Patienten angefordert. Erst nach erfolgter Verifizierung wurden die Daten für die statistische Analyse verwendet.

2.5. statistische Auswertung

Die radiologisch und klinisch gewonnenen Daten wurden zunächst in Excel Tabellen überführt und in einer Datenbank gespeichert, um diese anschließend mit Hilfe der SPSS Software (SPSS Inc, Chicago, IL) statistisch auszuwerten. Basierend auf diesen erhobenen Daten wurde eine umfangreiche, deskriptive Studie erstellt. Nullhypothese war dabei die Überlegenheit der navigationsgestützten Operationsmethode. Diese wurde mit Hilfe diverser Tests und anhand der Verteilung unterschiedlicher Parameter überprüft.⁴⁷ Um den klinischen und radiologischen Vergleich zwischen CAS und CON Gruppe zu analysieren, wurde der Mann Whitney U Test verwendet.

Dabei wurden Differenzen von $p < 0,05$ als statistisch signifikant gewertet. Für den WOMAC Score und den Knee Society Score wurden zur Veranschaulichung der Verteilung zusätzlich Box Plots erstellt.

Die Höhe der Boxen repräsentiert dabei den Interquartilsabstand zwischen unterem/oberem Quartil und somit die Verteilung der mittleren 50 Prozent der Werte. Der Meridian der Verteilung wird als horizontale Linie innerhalb der Box dargestellt. Außerhalb der Box wird die Verteilung der verbleibenden 50 Prozent als vertikale Linien abgebildet. Die minimalen/maximalen Extremwerte sind wiederum als Schlusspunkte dieser vertikalen Linien gekennzeichnet.⁷⁰

Durch Subtraktion der Revisionsraten der CAS - CON Gruppe wurde die absolute Risikoreduktion durch Verwendung eines Navigationssystems ermittelt.

Zur weiteren Veranschaulichung von Risiko und Nutzen berechnete man die Anzahl der notwendigen Behandlungen (Number to treat), der Kehrwert der absoluten Risikoreduktion.

Ergänzend wurde die relative Risikoreduktion aus dem Quotienten der absoluten Risikoreduktion und der Revisionsrate der CON Gruppe ermittelt.

Die 10 Jahres Kaplan- Meier Überlebensrate der Kniegelenksendoprothesen wurde durch Subtraktion der Revisionsrate der CAS/CON Gruppe vom Idealwert 100% Überlebensrate bestimmt und veranschaulicht.

3. Ergebnisse

3.1. Patientengut

Im Rahmen der Auswertung der allgemeinen Patientendaten ergab sich in der CAS₁ Gruppe ein durchschnittliches Alter von 76,4 Jahren und 73,8 Jahren in der CON Gruppe. Die Geschlechtsverteilung gestaltete sich in der navigierten Population mit 80 Prozent weiblichen und 20 Prozent männlichen Patienten. In der konventionell operierten Gruppe dagegen waren 70 Prozent weibliches Patientengut und dementsprechend 30 Prozent männlich. Insgesamt wurden bei den CAS₁ Patienten 32 links und 43 rechts einliegende Totalendoprothesen und 40 linke / 35 rechte konventionell implantierte Knie TEPs nachuntersucht.

3.2 Fragebogen

3.2.1 Patientenzufriedenheit

Bei den Fragen zur generellen Zufriedenheit der Patienten 10 Jahre nach Implantation der Kniegelenksendoprothese ergaben sich vergleichbare Zufriedenheitswerte für beide Populationen der Studie. Bei einer Skala mit 1=sehr zufrieden; 2 = einigermaßen zufrieden; 3= unsicher; 4= etwas zufrieden; 5= etwas unzufrieden; 6= sehr unzufrieden ergab sich bei den navigiert operierten Patienten ein Durchschnittswert von 1,38, wohingegen der Mittelwert in der konventionell operierten Population 1,32 betrug.

3.2.2 WOMAC Score

Die statistische Auswertung des WOMAC Scores erfolgte für die Teilkategorien Schmerz, Steifigkeit und körperliche Tätigkeiten sowie für den WOMAC Gesamtscore.

Der durchschnittliche WOMAC Gesamtscore lag in der CAS₁ -Gruppe bei 30,31 mit einer Standardabweichung von 34,75, wohingegen in der CON₁ -Population der Mittelwert bei 24,56 mit einer Standardabweichung von 27,49 errechnet wurde. Alle Einzelwerte inklusive der Minimal- und Maximalwerte der verschiedenen Kategorien können der folgenden Tabelle entnommen werden.

		WOMAC Schmerz	WOMAC Steifigkeit	WOMAC Tätigkeiten	WOMAC Gesamtscore
CAS 1	Mittelwert	4,99	1,80	23,52	30,31
	Standardabweichung	7,28	3,49	26,36	34,75
	Minimalwert	0	0	0	0
	Maximalwert	38	20	120	169
CON	Mittelwert	3,69	4,13	20,12	24,56
	Standardabweichung	4,25	1,71	23,99	27,49
	Minimalwert	0	0	0	0
	Maximalwert	18	6	102	123
P-Wert		0,838	0,052	0,354	0,339

Abbildung 21: Tabellarische Darstellung der Ergebnisse des WOMAC Score

In der Kategorien „Steifigkeit im operierten Bein“ konnte mit einem p- Wert von 0,052 kein signifikanter Unterschied zugunsten der CAS₁ Patienten gezeigt werden. In den Bereichen „Schmerz“ (p = 0,838), „Körperliche Tätigkeiten“ (p = 0,354) und beim Gesamt-WOMAC Score (p = 0,339) war ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen CAS₁ und CON₁ nachweisbar.

Zur Veranschaulichung wurden Boxplots mit den eben genannten Ergebnissen der statistischen Analyse des WOMAC-Scores erstellt.

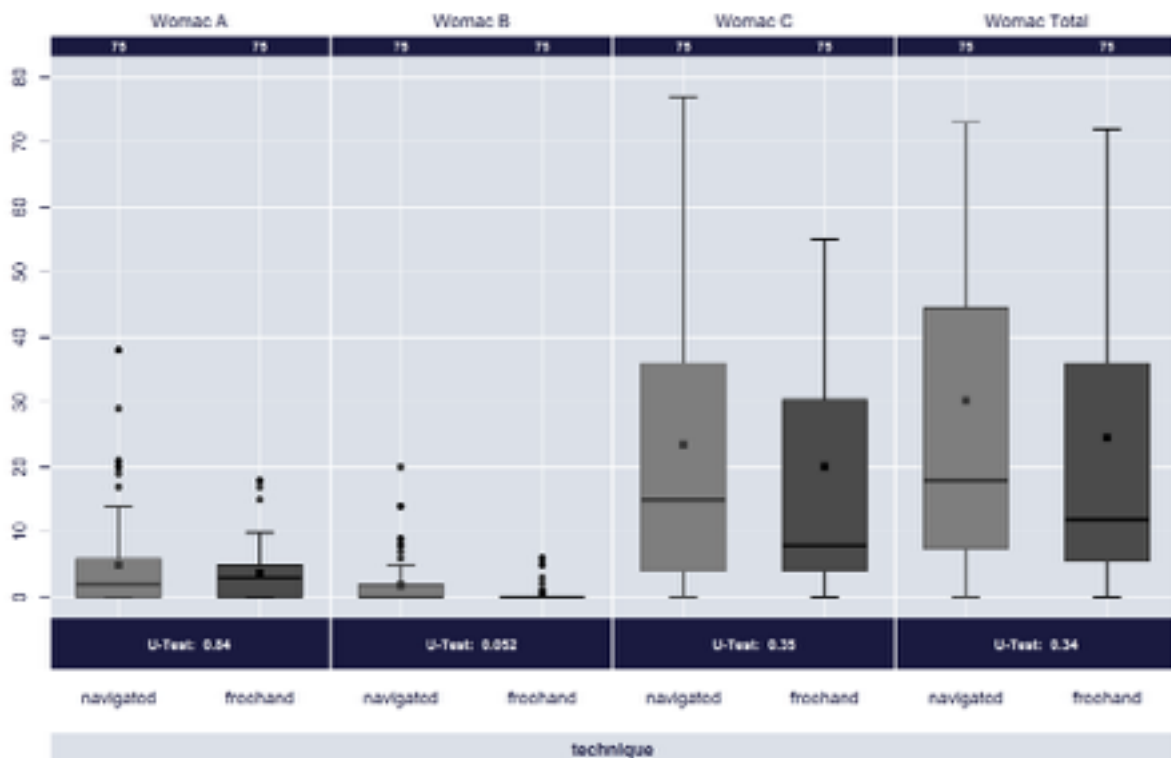


Abbildung 22: Boxplot der statistischen Auswertung des WOMAC

3.2.3 Visuelle Analogskalen des operierten Beines

Bei diesem Teil des Fragebogens wurde in der CAS₁ Gruppe ein Mittelwert von 42,57 (Standardabweichung 14,16) erzielt. Der Durchschnittswert unter den CON₁ Patienten lag bei 43,19 (Standardabweichung 10,75), sodass mit $p=0,64$ auch aus diesem klinischen Score kein statistisch signifikanter Unterschied resultierte.

3.2.4 Mancuso Score

Der modifizierte Mancuso Score lieferte mit einem Mittelwert von 35,71 (SD 11,06) unter den navigierten Patienten und einem Durchschnittswert von 37,47 (SD 7,33) innerhalb der konventionellen Population ebenfalls keinen statistisch relevanten Unterschied. Der p Wert betrug in diesem Teil der statistischen Analyse 0,512.

3.3 Knee Society Score

Bei der statistischen Analyse des Knee Society Score wurden die Teilbereiche Schmerz, Bewegungsumfang, Stabilität sowie Functionalscore (Gehfähigkeit, Treppensteigen und Hilfsmittel) zunächst separat untersucht und anschließend zu Knee Score (Schmerz, Bewegungsumfang, Stabilität), Funktional Score und letztendlich zum Total Knee Society Score zusammengefasst und im Ganzen analysiert. Eine Zusammenfassung aller berechneten Werte inklusive Minimal- und Maximalwerte veranschaulicht die nun folgende Tabelle.

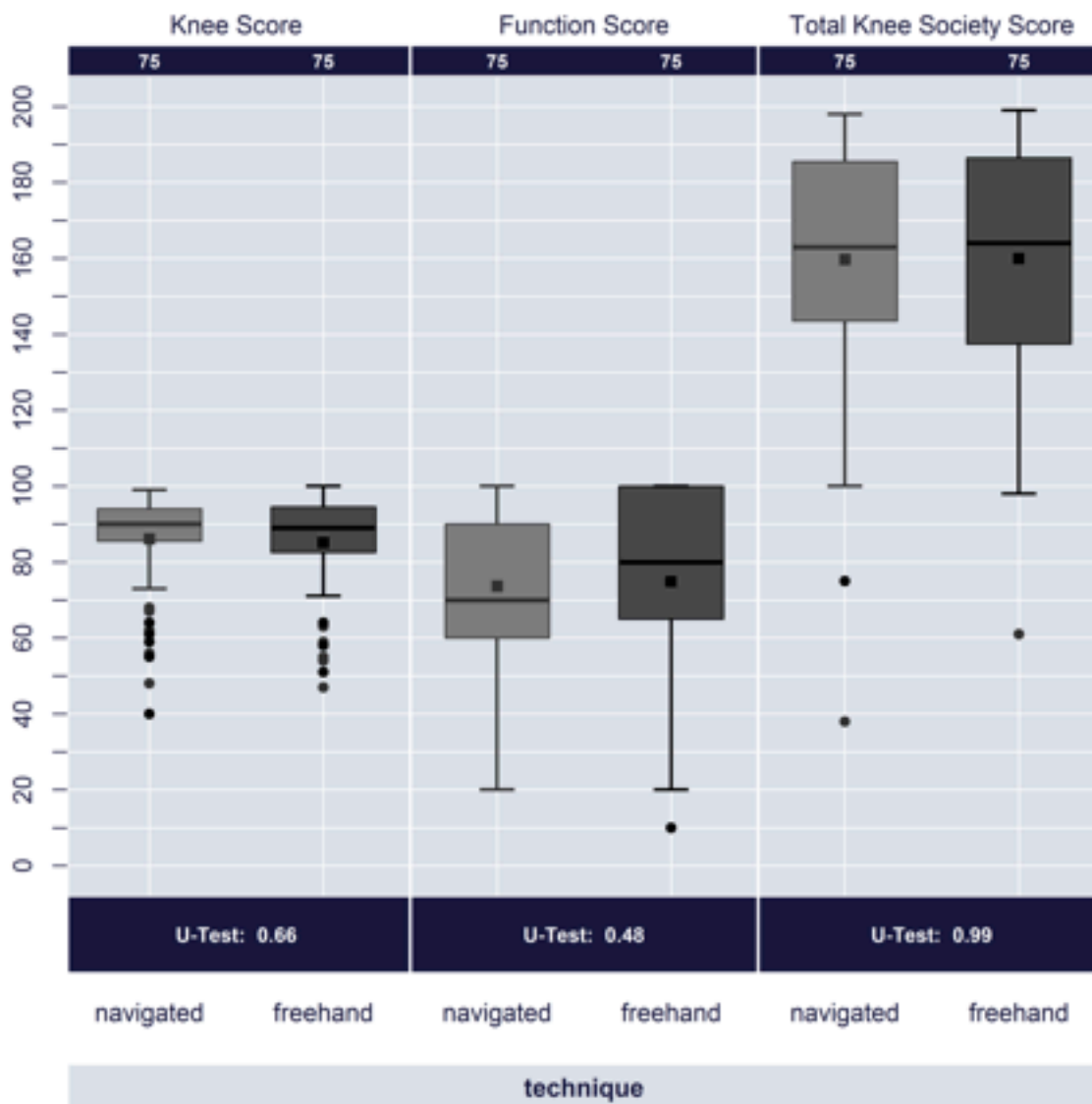
		Schmerz	Bewegungsumfang	Stabilität	Knee Score	Functional Score	Total Knee Society Score
CAS 1	Mittelwert	43,40	22,79	20,09	86,08	73,60	159,68
	Standardabweichung	10,11	2,10	5,39	12,59	21,25	29,81
	Minimalwert	10	17	-15	40	-10	38
	Maximalwert	50	25	25	99	100	198
CON 1	Mittelwert	42,67	21,93	19,84	85,07	74,87	159,93
	Standardabweichung	10,57	2,18	4,70	13,37	22,48	29,14
	Minimalwert	10	17	1	47	10	61
	Maximalwert	50	25	25	100	100	199
P- Wert		0,545	0,015	0,555	0,661	0,48	0,984

Abbildung 23: Tabellarische Darstellung der Ergebnisse des Knee Society Score

In den Unterkategorien Schmerz ($p = 0,545$), Stabilität ($p = 0,555$) sowie den zusammengefassten Scores Knee Score ($p = 0,661$), Functional-Score ($p = 0,480$) und dem Total Knee Society Score mit einem p-Wert von 0,984 ließen sich keine signifikanten Unterschiede der beiden Populationen zeigen.

Für den Teilbereich „Bewegungsumfang“ berechnete sich innerhalb der CAS₁ Gruppe eine mittlere Bewegungsumfang von 113,8°, welche in der konventionell operierten Gruppe 108,8° betrug. Damit ergab sich nach Verrechnung nach Vorgaben des Knee Society Score für diese Kategorie ein CAS₁-Mittelwert von 22,79 Punkten mit (SD 2,10) und ein CON₁-Mittelwert von 21,93 Punkten (SD +/- 2,18 Punkte). Daraus resultiert ein p-Wert von 0,015, welcher als statistisch signifikant zugunsten der navigierten Gruppe gewertet werden kann. Zur visuellen Illustration der Resultate wurden ebenfalls Boxplots angefertigt.

Abbildung 24: Boxplot der Ergebnisse des Knee Society Score



3.4. Radiologische Untersuchung

3.4.1 postoperative Beinachse

Bei der Vermessung der postoperativen, mechanischen Beinachse ergab sich in der statistischen Auswertung in der CAS₂ Gruppe (n = 70) eine durchschnittliche Abweichung von der idealen mechanischen Beinachse von 1,72° mit einer Standardabweichung von 1,42°. In der CON₁ Population betrug der Mittelwert der Abweichung vom Idealwert der Beinachse 2,65° mit einer Standardabweichung von 2,1°.

Im t-Test ergab sich dadurch ein Wert von 0,006, welcher somit eine signifikant geringere Abweichung von der idealen Beinachse bei CAS₂ Patienten repräsentierte.

3.4.2 Abweichung der Femurkomponente in der Frontalebene

Für die Abweichung der Femurkomponente vom Idealwert von 90° in der Frontalebene ergab sich in der CAS₂ Gruppe ein Mittelwert von 1,88° (Standardabweichung 1,51°) und eine mittlere Abweichung von 2,3° (Standardabweichung 1,63°) für die konventionell operierte Population (CON₁). Mit einem errechneten p-Wert von 0,049 konnte auch hierbei ein signifikanter Unterschied zugunsten der CAS₂ Patientin bezüglich der Positionierung der femoralen Komponente gezeigt werden.

3.4.3 Abweichung der Tibiakomponente in der Frontalebene

Der Mittelwert der tibialen Abweichung vom Idealwert von 90° in der Frontalebene lag hierbei in der CAS Gruppe bei 1,52° (SD 1,17°) und bei 1,8° (SD 1,38°) in der CON Gruppe.

Dadurch konnte mit einem p-Wert von 0,23 kein statistisch signifikanter Unterschied zugunsten einer Population gezeigt werden.

3.4.4 Tibialer Slope in der Sagittalebene

Der tibiale Slope in der Sagittalebene variierte in der CAS₂ Population zwischen 0° und 9,1° und ergab somit einen Mittelwert von 2,70° (+/- 2,25° SD). Bei den CON₁ Patienten wurden Werte zwischen 0,2° und 10,2° gemessen, mit einem daraus resultierten durchschnittlichen tibialer Slope von 2,91 (+/- 2,15 SD). Im anschließend durchgeführten t-Test wurde mit einem p-Wert von 0,395 kein si-

gnifikanter Unterschied zwischen navigierten und konventionell operierten Patienten festgestellt.

3.4.5 Femoraler Komponentenwinkel in der Sagittalebene

Bei der Vermessung des femoralen Komponentenwinkels in der Sagittalebene wurden in der navigierten Population (CAS₂) Flexionswerte zwischen -1,5° und 12,4°, in der konventionellen Gruppe (CON) zwischen -0,6° und 19,5 ° gemessen. Daraus ergab sich ein CAS₂- Mittelwert von 3,82° (SD 2,63) sowie ein CON₁- Durchschnitt von 4,64° (SD 3,28°). Der aus diesen Daten errechnete p-Wert repräsentierte mit 0,115 keinen statistisch signifikanten Unterschied bezüglich der femoralen Komponentenbeugung zwischen navigierten und konventionellen Patienten.

3.4.6 Patella tilt

Die statistische Analyse der gewonnenen Patella tilt Daten ergab in der navigierten Population Werte (CAS) zwischen 0,1° und 20,6° und zwischen 0° und 22° in der CON₁ Gruppe. Anhand dieser Werte wurde ein CAS₂- Mittelwert von 4,39° mit einer Standardabweichung 4,18° und ein durchschnittlicher Wert von 4,50° (+/- SD 4,26°) in der konventionellen Population berechnet. Im t-Test resultierte dabei ein p- Wert von 0,92, welcher keinen signifikanten Unterschied bezüglich der Kippung der Patella zwischen den beiden Populationen darstellte.

3.4.7. Patella shift

Bezüglich der Auswertung der Patella shift Daten wurden Werte zwischen 0mm und 19,7mm in der CAS₂ Gruppe und 0,4mm-18,1mm bei den CON₁ Patienten gemessen. Daraus ergab sich ein Mittelwert in dieser Gruppe von 7,92 mm mit SD von 4,42 mm. Bei den CON₁ Patienten wurde ein Mittelwert von 8,17 mm (SD +/- 4,14 mm) berechnet. Mit dem aus diesen Daten errechneten p-Wert von 0,619 konnte jedoch wiederum kein signifikanten Unterschied bei der Position der Patella zugunsten einer Population nachwiesen werden.

3.5 postoperativen Spätkomplikationen und daraufhin durchgeführte Revisionseingriffe

3.5.1 postoperative Spätkomplikationen und Revisionseingriffe in der CAS Gruppe

Bei der Befragung bezüglich postoperativer Spätkomplikationen und Notwendigkeit eines Revisionseingriffes wurden in der Population der CAS Patienten insgesamt drei Personen registriert.

Bei allen drei detektierten Patienten in der CAS Gruppe war bei Lockerung der implantierten Kniegelenktotalendoprothese die Indikation für einen Revisions-eingriff mit Prothesenwechsel gestellt worden. Es handelte sich dabei um zwei aseptische Lockerungen aufgrund Achsfehlstellungen und damit assoziierten Schmerzen oder Instabilität des betroffenen Kniegelenkes. In einem Fall musste die einliegende Kniegelenktotalendoprothese aufgrund einer postoperativen Spätinfektsituation revidiert und ausgetauscht werden. Laut Unterlagen der Revisionsoperationen, welche alle in domo stattfanden, wurden alle drei TEP-Lockerungen mittels ein- bzw mehrzeitigen Totalendoprothesenwechsels therapiert.

Weitere Patienten mit Revisionsoperationen ohne Prothesenwechsel wie Patel-laresektionen oder Weichteileingriffe mit Polyethyleninlaywechsel wurden in der CAS₁ Gruppe nicht verzeichnet.

Anhand dieser Daten ergibt sich für die Navigationsgruppe eine Revisionsrate von 1,9%.

3.5.2 postoperative Spätkomplikationen und Revisionseingriffe in der CON Gruppe

In der konventionellen Gruppe wurden insgesamt 12 Patienten registriert, welche sich im postoperativen Verlauf unterschiedlichen Revisionseingriffen aufgrund diverser Spätkomplikationen unterzogen.

Zum Einen wurden sieben Fälle von komplikativen Verläufen mit Indikation zum Endoprothesenwechsel verzeichnet. In allen Fällen handelte es sich um Lockerungsphänomene der einliegenden Implantate. In fünf Fällen handelte es sich dabei um aseptische Lockerung bei Achsfehlstellung oder inkorrektur Positionierung der Implantate mit resultierender Instabilität und Schmerzen im operierten Knie. In zwei Fällen war die Lockerung der implantierten Totalendoprothese auf einen postoperativen Spätinfekt zurückzuführen. Die daraufhin durchge-

führten ein- bzw zweizeitigen Prothesenwechseloperationen wurden in drei Fällen in domo und bei den restlichen Patienten ex domo durchgeführt.

Weiterhin gaben fünf Patienten postoperative Komplikationen an, welche jeweils eine Revisionsoperation ohne Prothesenwechsel zur Folge hatte. Dabei handelte es sich in zwei Fällen um Revisionen in Form einer Patellaresektionsarthroplastik, wobei in beiden Fällen eine Korrektur des postoperativ entstandenen Maltrackings der Patella zur Linderung von anteriorem Knieschmerz durchgeführt wurde. Bei den anderen drei Patienten mit Revisionseingriffen ohne Prothesenwechsel handelte es sich um Weichteiloperationen mit Austausch des einliegenden Polyethyleninlays. Diese waren in allen Fällen aufgrund einer postoperativ entstandenen tibiofemorale, mediolateralen Instabilität des operierten Knies indiziert gewesen und in domo durchgeführt worden.

Aus den aufgeführten Daten wurde eine Revisionsrate von 6,4 % in der Population der konventionell operierten Patienten berechnet.

Bei der explorativ-statistischen Analyse im t-Test ergab sich basierend auf diesen Daten eine statistisch signifikant niedrigere Revisionsrate in der Gruppe der navigierten Patienten mit einem p Wert von 0,0425.

Art der Revisionsoperation		Anzahl Revisionen	Ursache				
TEP Wechsel				aseptische Lockerung	postoperativer Infekt	Achsfehlstellung/Instabilität	anteriorer Knieerschmerz
	CAS Gruppe	3		2	1	0	0
	CON Gruppe	7		5	2	0	0
Patellaresektion	CAS Gruppe	0		0	0	0	
	CON Gruppe	2		0	0	1	1
PE Wechsel/ Weichteilengriff	CAS Gruppe	0		0	0	0	0
	CON Gruppe	3		0	0	3	1
Revisionsoperationen total (Revision rate)							
	CAS Gruppe	3 (1,9%)					
	CON Gruppe	12 (6,4%)					

Abbildung 25: Tabellarische Darstellung der Revisionsoperationen sortiert nach Art und Ursache der Revisionsoperation; Darstellung Revisionszahlen/raten total in CAS/CON Gruppe

3.5.3 Relative/ absolute Risikoreduktion durch Navigationstechnik, Anzahl der notwendigen Behandlung (NNT) und 10 Jahres Kaplan- Meier Überlebensrate

Aus den Ergebnissen der Revisionsraten der beiden Populationen wurde eine relative Risikoreduktion für eine Revisionsoperation von 70,3%, sowie eine absolute Risikoreduktion von 4,5% bei Verwendung eines Navigationssystems errechnet. Diese Zahlen resultieren in einer „Number to treat“ von 22, was bedeutet, dass 22 Patienten mithilfe eines Navigationssystems versorgt werden müssten, um eine Revisionsoperation im durchschnittlichen Zeitraum von 10 Jahren vermeiden zu können.

Anhand dieser erhobenen Werte wurde eine 10 Jahres Kaplan-Meier Überlebensrate der implantierten Kniegelenksendoprothesen von 98,1% in der CAS Population und 92,5% in der CON Gruppe errechnet. Bei der statistischen Auswertung ergab sich mit einem p- Wert von 0.037 eine signifikant höhere 10 Jahres Überlebensrate in der CAS Population. In der folgenden Grafik sind die beiden Kaplan Meier Kurven der CAS und CON Gruppe grafisch dargestellt.

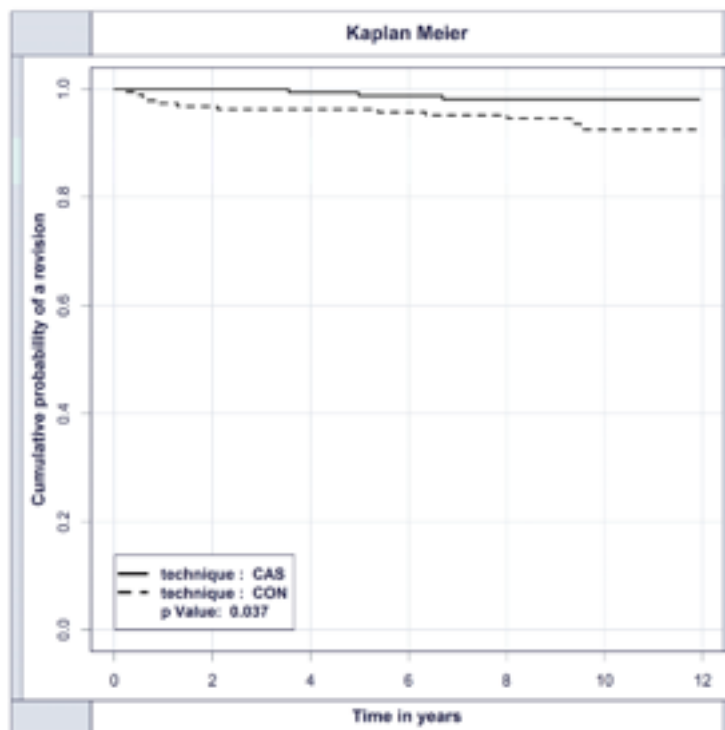


Abbildung 26: Darstellung 10 Jahres Kaplan Meier Überlebensrate der implantierten Knieendoprothese in der CAS und CON Gruppe

4. Diskussion

4.1. Aktuelle Studienlage zur Navigation in der Knieendoprothetik

Mit der Einführung der navigationsgestützten Operationsmethode zur Implantation von Kniegelenksendoprothesen existiert in der orthopädischen Literatur eine bis heute andauernde Debatte darüber, ob die Navigation in der Knieendoprothetik den anfangs propagierten Anforderungen gerecht wird oder nicht. Bis heute wurden unzählige Studien zu diesem Thema veröffentlicht, die den Effekt der Navigation auf die Positionierung des Implantats, die Rekonstruktion der mechanischen Beinachse, klinische und funktionelle Parameter sowie die Standzeit bzw. Revisionsraten im Kurz-, Mittel- oder Langzeitverlauf analysiert haben.

4.1.1 Positionierung der Prothesenkomponenten/ Rekonstruktion Beinachse

Während des letzten Jahrzehnts hat die Mehrzahl der veröffentlichten Studien einen signifikanten Vorteil der Navigation bei der Implantation von Kniegelenksendoprothesen im Bezug auf die Positionierung der Prothesenkomponenten und die Rekonstruktion der mechanischen Beinachse nachweisen können. Es existieren multiple Studien wie Haaker et al.⁷¹ oder Bolognesi et al.⁷², welche bereits 3 bzw 6 Wochen postoperativ eine signifikant bessere Ausrichtung der Prothese in allen Ebenen in der Navigationspopulation im Vergleich zur konventionellen Technik zeigen konnten.

Auch im mittelfristigen postoperativen Vergleich ergaben sich in zahlreichen Studien wie bei Pang et al.⁸⁹ und Lüring et al.⁷⁰ 2 Jahre postoperativ, im 5 Jahres- Vergleich bei Harvie et al.³⁸ und Ishida et al.⁴⁴, sowie 6,4 Jahre postoperativ bei Todesca et al.⁷³ ebenfalls statistisch relevante Ergebnisse zugunsten der Navigation bezüglich Komponenten Positionierung und Rekonstruktion der mechanischen Beinachse.

Im Langzeitvergleich über 9 Jahre postoperativ existieren mittlerweile einzelne Studien, die die Ergebnisse der kurz- und mittelfristigen Studien unterstützen. Dazu zählen die Studien von Naoki et al.⁴⁸, und Song et al.⁷⁴, welche alle im 10- bzw 9-Jahresverlauf eine signifikant bessere Beinachse sowie eine bessere Prothesenpositionierung bestätigen.

Gestützt werden diese Daten durch einige Meta-Analysen, welche ebenfalls statistisch signifikant eine bessere Ausrichtung der Endprothese und eine genauere Rekonstruktion der mechanischen Beinachse durch die Navigationstechnik zum Ergebnis haben (Mason et al ⁷⁵, Brin et al ⁷⁶, Novikoff et al ⁷⁷, Cheng et al ⁷⁸ und Hetaimish et al ⁷⁹).

Lediglich eine Minderheit der Studien konnte in den letzten Jahren keinen signifikanten Vorteil der Navigation im Bezug auf Prothesenausrichtung und Rekonstruktion der mechanischen Beinachse nachweisen. Dazu gehören Hiscox et al ⁸⁰, Bonutti et al ⁸¹ und Kim et al ⁸².

4.1.2. Klinische und funktionelle Parameter

In Bezug auf den klinischen, postoperativen Verlauf sowie funktionelle Parameter konnte die Mehrzahl der in den letzten Jahren publizierten Studien keinen signifikanten Vorteil der Navigation gegenüber der konventionellen Operationsmethode nachweisen. Dabei untersuchte beispielsweise die Studie von Spencer et al ⁸³ klinische und funktionelle Parameter im Kurzzeitverlauf 2 Jahre postoperativ. Harvie et al ³⁸ ermittelten funktionelle Daten prospektiv im postoperativen Verlauf zwischen zwei und fünf Jahren, wohingegen Ensini et al ⁸⁴ die klinischen und funktionellen Daten nach 28 Monaten erhob. Eine sehr aktuelle Studie von Roberts et al ⁹² hat über 9000 Knie TEPs im Zeitraum von sechs Monaten bis fünf Jahre nachuntersucht. Im Langzeitverlauf analysierten Hernandez et al ³⁹ 100 Patienten nach acht Jahren und Baumbach et al ⁸⁵ sowie Nakano et al ⁸⁶ eine kleine Patientengruppe sogar 10 Jahre nach Implantation der Kniegelenksendoprothese.

Keine dieser Studien konnten einen statistisch relevanten Unterschied zwischen navigierter und konventionell operierter Population bezüglich funktionellen und klinischen Parametern feststellen.

Ebenso wenig konnten aktuelle, groß angelegte Metaanalysen von Cheng et al⁸⁷, und Burnett et al⁸⁸ einen Vorteil zugunsten der Navigationsgruppe bei der Funktionalität des operierten Knies und diversen anderen klinischen Parameters eine Überlegenheit der navigierten Patienten zeigen.

Es existieren lediglich vereinzelte Studien, welche für einzelne klinische Parameter einen Vorteil zugunsten der Navigation zeigen konnten. Dazu gehört die Studie Pang et al⁸⁹, welche im sechs Monate postoperativen Vergleich einen signifikant besseren Functional und Total Oxford Score nachweisen konnte, im zwei Jahresvergleich verblieb jedoch lediglich ein überlegener Total Oxford Score für die navigierte Gruppe. Ishida et al⁴⁴ konnte im 5-Jahres Verlauf signifikant bessere Ergebnisse ausschließlich bei der Bewegungsumfang und im Knee Society Score der Navigationspatienten ermitteln. Auch eine neuere fünf Jahres Studie von Hoffart et al⁹⁰ konnte nur einen isoliert vorteilhaften Knee Society Score für die Navigationsgruppe zeigen.

4.1.3 Revisionsraten und Prothesenstandzeiten

Zum Thema Revisionsraten und Prothesenstandzeiten im Vergleich zwischen konventionell operierten und navigierten Patienten gibt es zum aktuellen Zeitpunkt insgesamt nur sehr wenige Studien, welche dieses Thema aufgegriffen und analysiert haben. Eine dieser Publikationen stammt von Schnurr et al⁴⁷ aus dem Jahr 2012. In dieser Studie wurde ein Follow-up sechs Jahre nach Implantation durchgeführt und die Daten von insgesamt 1121 Knie TEPs, mit dem Ergebnis einer signifikant niedrigeren Revisionsrate in der Navigationspopulation ausgewertet. Eine weitere, aktuelle Studie von De Steiger et al⁹¹ kann diese Ergebnisse für eine isolierte Patientengruppe jünger als 65 Jahre ebenfalls bestätigen. De Steiger analysierte dabei das Australische Prothesenregister mit einer Populationsgröße von annähernd 310.000 Patienten insgesamt und darunter 45.000 navigierte Patienten.

Keinen signifikanten Unterschied zwischen CON und CAS Gruppe betreffend der Revisionsrate fanden Burnett et al ⁸⁸ und Roberts et al ⁹², welche über 9000 Knie TEPs in einem follow-up von sechs Monaten bis fünf Jahre postoperativ nachuntersucht haben.

Insgesamt müssen hierzu in den nächsten Jahren zusätzliche, ausführlichere Daten vor allem im Langzeitvergleich erhoben werden, um eine klare Aussage zur Datenlage bezüglich der Revisionsraten treffen zu können.

4.2 Interpretation der eigenen Studienergebnisse

4.2.1 klinische und funktionelle Parameter

Bei unserer retrospektiven matched- pair Analyse, in der 75 CAS mit 75 CON Patienten zehn Jahre postoperativ verglichen wurden, konnte in der Befragung mittels Fragebogen bezüglich klinischen und funktioneller Parametern kein Vorteil für die CAS Gruppe ermittelt werden. Einzige Ausnahme stellte dabei der Bewegungsumfang dar, welche bei den CAS Patienten signifikant besser war. Diese Ergebnisse unterstützen die Studie von Ishida et al ⁴⁴, welcher ebenfalls einen signifikant besseren Bewegungsumfang nach navigationsgestützter KnieTEP Implantation im fünf Jahres Verlauf nachgewiesen konnte. Die Tatsache, dass klinisch und funktionell kein Unterschied zwischen CON und CAS Patienten ermittelt wurde, entspricht der Mehrheit der unter 4.1.2 erwähnten Kurz-, Mittel- und Langzeitstudien ^{83 38 94 39 84 85} sowie der bisher veröffentlichten, großen Metaanalysen ^{75- 79}.

4.2.2. radiologische Parameter

Bei der Auswertung der im Rahmen der Nachuntersuchung angefertigten Röntgenbilder konnte insgesamt eine exaktere Positionierung vor allem der femoralen Komponenten, sowie eine genauere Rekonstruktion der mechanischen Beinachse und somit insgesamt eine genauere Implantation der Totalendoprothese in der Navigationsgruppe verifiziert werden.

Dies entspricht ebenfalls den Ergebnissen des Großteiles der bis heute veröffentlichten Studien, welche einen Vorteil zugunsten der Navigation bei radiolo-

gischen Parametern im Kurz-^{38 72 73}, Mittel-^{45 46 71 74 90} und Langzeitvergleich⁷⁵ nachgewiesen haben.

Allerdings konnte unsere Langzeitanalyse keine signifikant besseren Ergebnisse bezüglich Slope, Patella shift und tilt zeigen. Dazu ist jedoch hinzuzufügen, dass es sich bei den durchgeführten Röntgenbildern um Aufnahmen ohne Belastung und in nur einer fixierten Position des Kniegelenkes handelt. Um eine exaktere Aussage diesbezüglich treffen zu können, müsste man belastungsabhängige fluoroskopische Untersuchungen mit 3D Technik durchführen.

4.2.3. postoperative Komplikationen und Revisionsraten

In Bezug auf Revisionsrate und postoperative Komplikationsraten konnten wir 10 Jahre postoperativ eine signifikant geringere Revisionsrate in der Navigationspopulation nachweisen. Im Hinblick auf noch sehr wenige, existierende Studien zum Thema Langzeitvergleich der Revisionsraten nach navigierter vs konventionell Knieendoprothetik, dürfen die Ergebnisse unserer Langzeitstudie durchaus als bedeutungsvolle Neuerung zugunsten der Navigation bezüglich Revisionsraten bezeichnet werden.

Unsere Langzeitresultate unterstützen damit die bereits publizierten Ergebnissen von Schnurr et al⁴⁷ und De Steiger et al⁹¹, welche bereits signifikant niedrigere Revisionsquoten bei Navigationspatienten im mittelfristigen postoperativen Vergleich und für eine Patientengruppe unter 65 Jahren zeigen konnten. Dies unterstreicht nochmals die Relevanz unsere Ergebnisse und lässt für die Zukunft hoffen, noch weitreichendere Aussagen zu dieser Thematik anhand von Daten aus Prothesenregistern gewinnen zu können.

4.3 Mögliche Ursachen der signifikant niedrigere Revisionsrate durch Navigation

4.3.1. exaktere Implantation und Rekonstruktion der Beinachse

Wie bereits erwähnt, wurde in diversen Studien unter anderem von Jeffrey et al.³¹ gezeigt, dass eine exakte Rekonstruktion der mechanischen Beinachse und Positionierung der Prothesenkomponenten einen positiven Einfluss auf die Standzeit und somit Revisionsfreiheit der Prothese hat. Die von uns detektierten, signifikant niedrigeren Revisionsraten könnten somit im Langzeitverlauf ein Resultat der exakteren Implantatpositionierung und Beinachsenrekonstruktion in unserer Navigationspopulation sein.

4.3.2. Bandspannungsadaptierte Operationsmethode bei der Navigation

Ein weiterer Grund für die geringere Revisionsquote bei den navigierten Patienten scheint das bandspannungsadaptierte Operationsverfahren bei der navigationsgestützten Implantation der Prothese zu sein.

Fitz et al.⁹³ haben bereits hervorgehoben, dass die bandspannungsadaptierte Technik in Kombination mit einer neutralen Beinachse in einer physiologischeren Kinematik im operierten Kniegelenk resultiert. Die Autorengruppe dieser Studie war in der Lage zu zeigen, dass diese Methode das Potential hat, eine Überbeanspruchung einzelner Kompartimente des betroffenen Kniegelenkes zu verhindern und somit einer ungleichen, unsachgemäßen Abnutzung der Prothesenkomponenten vorzubeugen. Dadurch kann in der Folge eine mögliche aseptische Lockerung als Komplikation und die daraufhin oftmals notwendige Revisionsoperation vermieden werden.

Ein weiterer Aspekt, den das bandspannungsadaptierten Verfahren im Rahmen der Navigation zudem in positiver Weise beeinflussen kann, ist die Reduzierung von Belastungsspitzen, vor allem an der Patella. Diese Belastungsspitzen können im Verlauf Komplikationen im Sinne von vorderem Knieschmerz und folglich wiederum Revisionsoperationen verursachen. Da wir in unserer Studie in der Navigationsgruppe keine Revisionsoperation als Folge von vorderem Knieschmerz dokumentiert haben, bei den konventionell operierten Patienten dagegen zwei Patienten aufgrund dieser Komplikation revidiert werden mussten, scheint dieser Aspekt durchaus auch eine relevante Rolle zu spielen.

Insgesamt lässt sich zusammenfassen, dass laut unserer Analyse die Navigation sowohl die Genauigkeit der Implantation als auch im langfristigen Verlauf die Revisionsraten signifikant positiv beeinflusst und damit eine längere, revisionsfreie Standzeiten der implantierten Kniegelenksendoprothesen ermöglichen kann.

4.4. Nachteile der Navigation

4.4.1 Wirtschaftliche Aspekte der Navigation

4.4.1.1. Investitions- und Wartungskosten der Navigationssysteme

Die Anschaffungs- und Wartungskosten für ein CT- freies Navigationssystem stellen mit im Durchschnitt gut 100000 € einen sehr wichtigen Kostenfaktor in der Kosten-Nutzen Analyse bei der Investition in ein solches Navigationssystem dar. Die jährlichen Wartungskosten inkl. Software-Updates werden im Durchschnitt nochmal mit knapp 10000 € zusätzlich veranschlagt. Der Kostenmehraufwand pro Operation ist im Weiteren abhängig von der Dauer der Abschreibung sowie der Anzahl der jährlich durchgeführten navigationsgestützten Implantationen. So ergeben sich bei der Kostenanalyse von Cerha et al ⁹⁴ 2009 bei einer Abschreibung von 5 bzw 10 Jahren ein Mehraufwand von 152,63 bzw. 97,66 Euro bei 200 jährlich durchgeführten Navigationen in der Kniegelenksendoprothetik.⁹⁵ Bei dieser Analyse wurde jedoch von einem Durchschnittswert verschiedener Anbieter von Navigationssystemen ausgegangen und ist nicht spezifisch für das in unserer Studie verwendete Brain Lab Navigationssystem.

4.4.1.2. Verlängerung der Operationszeit

Ein weiterer, wirtschaftlicher Faktor der Navigation, welcher mit Zusatzkosten verbunden ist, stellt die Verlängerung der Operationszeit, aufgrund der Installation und Bedienung der Navigation während der KnieTEP Implantation dar. Auch dazu haben Cerha et al ⁹⁵ die Daten von diversen Studien verglichen und analysiert. Speziell für das Brainlab Navigationssystem ergaben sich dabei bei Kim YH et al. ⁹⁶ eine Verlängerung um 15 Minuten, bei Church et al ⁹⁷ um 17 Minuten und bei Martin A et al ⁹⁸ eine 20 Minuten längere Operationszeit. Daraus lässt sich für das in unserer Studie eingesetzte System eine Op Zeit Verlängerung von 17,33 Minuten berechnen. Im Mittel aller analysierten Navigationssysteme auch anderer Firmen wurde in dieser Kostenanalyse eine Operationszeitverlängerung von 14 Minuten detektiert. Bei einem Op- Personalkostenaufwand von 5,58 Euro/ Minute Operationszeit ergibt sich ein Mehrkostenaufwand von 96,72 Euro pro Operation. ⁹⁵

Resultierend aus den eben genannten Daten dieser Kostenanalyse ergeben sich beispielhaft Gesamtzusatzkosten von 300 bis 395 € pro Operation bei jährlich 100 navigierten Knie-TEPs, einer zusätzlichen Operationszeit von 14 min und Abschreibung der Investitionskosten über 10 Jahre . ⁹⁵ Diese Mehrkosten sind im aktuellen Abrechnungssystem der deutschen Krankenhäuser nicht berücksichtigt.

Dem gegenüber steht eine sehr aktuelle Studie von Thiengwittayaporn et al ⁹⁹, welche nun zeigen konnte, dass durch die Verwendung eines „hand- helded Navigationssystems“ eine signifikant akkuratere Positionierung der Implantate ohne Verlängerung der Operationszeit möglich ist.

4.4.2 Navigationsspezifische Komplikationen

Einen zusätzlichen, negativen Aspekt der Navigation stellen die navigationsspezifischen intra- und frühpostoperativen Komplikationen dar. Diese sind vor allem durch das Einbringen der femoralen und tibialen Pins für die Aufzeichnung der Navigation bedingt. In der Folge kann es dabei zu Infektionen der besagten Pineinbringungsstellen kommen und zum Anderen kann es in den zurückbleibenden Löchern nach Entfernen der Pins im Knochen zu einem Anstieg des Frakturrisiko kommen. ¹⁰⁰

Diese Komplikationen wurden in einer aktuellen retrospektiven Studie von Khakra et al ¹⁰¹ in 1596 Fällen von navigierten Knie TEP Implantationen analysiert. Dabei wurden 17 Fälle von oberflächlichen Infektionen der Pinstellen registriert, wobei alle konservativ antibiotisch therapiert werden konnten. Zu einer postoperativen Fraktur am verbliebenen Loch nach Pinextraktion war es in nur einem Fall an der Tibia gekommen. Es lässt sich also zusammenfassen, dass diese Komplikationen zwar existieren, insgesamt jedoch sehr selten sind.

Ergänzend dazu sollte eine neue Studien von Maderbacher et al ¹⁰² erwähnt werden, welche nachweisen konnte, dass durch Verwendung von „pinless Navigation“ eine genauere Positionierung der Implantate ohne signifikante, navigationsspezifische Komplikationen möglich ist.

4.5. Einschränkungen und Störfaktoren in unserer Studie

Obwohl wir von der korrekten Durchführung und der Bedeutung unserer Ergebnisse sehr überzeugt sind, räumen wir ein, dass durchaus Schwachstellen in der Durchführung und der ausgewählten Population vorhanden sind.

4.5.1 Studienaufbau und fehlende Verblindung

Eine Limitation unserer Studie stellt die Tatsache dar, dass es sich nicht um einen kontrolliert prospektiven, randomisierten Vergleich der beiden Populationen handelt, welcher der Goldstandard der vergleichenden Datenanalyse gewesen wäre, sondern um eine retrospektive, matched pair Analyse. Ferner konnten einige wenige, relevante Variablen, wie der präoperative Bewegungsumfang und der Body Mass Index der Patienten nicht vollständig erfasst werden und somit nicht mit in die Analyse inkludiert werden konnten. Aufgrund dessen können wir ein Ungleichgewicht der beiden Populationen bei manchen prognostischen Faktoren nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Auch die Populationsgröße könnte mit 150 eingeschlossenen Patienten eventuell zu gering gewesen sein, um zufallsbedingte Störgrößen möglich ausschließen zu können. Ebenso einschränkend wiegt dabei die fehlende Verblindung bei der Erhebung der klinischen und radiologischen Daten, welche die Aussagekraft der erhobenen Daten nochmals gesteigert hätte, dies war jedoch aufgrund des vorhandenen Studienaufbaus leider nicht durchführbar. Um untersucherabhängige Bias möglichst gering zu halten und einem verblindeten Studienaufbau möglichst nahe zu

kommen, wurden allerdings sowohl die klinische Untersuchung als auch die radiologische Vermessung jeweils von einem unabhängigen, außenstehenden Untersucher durchgeführt.

4.5.2. Klinische Messung des Bewegungsumfanges

Zum Anderen müssen wir eventuelle Ungereimtheiten bei der klinischen Erhebung der Range of Motion einräumen, da diese nur mithilfe eines Goniometers erfolgte und somit stark untersucherabhängig ist. Da die klinische Untersuchung jedoch bei allen 150 Patienten in gleicher Weise von einer unabhängigen Person durchgeführt wurde, konnte diese eventuelle Ungenauigkeit für die klinische Analyse in Kauf genommen werden.

4.5.3 Vielfalt an Operateuren bei der Implantation

Ein dritter, limitierender Aspekt stellt die Vielzahl der Operateure und damit eine Inhomogenität bereits bei der Implantation der jeweils navigierten oder konventionell implantierten Endoprothesen dar. Insgesamt waren laut Analyse der damaligen Operationsberichte sieben verschiedene Personen bei der Endoprothesenimplantation unserer Patienten als Hauptoperateure tätig. Dies könnte, obwohl alle Operateure sehr erfahren bezüglich Implantation von Knieendoprothesen und sowohl mit der konventionellen als auch der Navigationstechnik sehr vertraut waren, zu systematischer Messabweichung geführt haben.

4.5.4 radiologische Vermessung

Letztendlich können wir eine Ungenauigkeit bei der radiologischen Vermessung der postoperativ angefertigten Röntgenbilder nicht ausschließen, obwohl unsere erhobenen, radiologischen Daten bereits vorhandenen Auswertungen entsprechen und somit plausibel erscheinen.

4.5.5. Hohe Ausschlussrate

Als Letztes muss erwähnt werden, dass wir bei der Patientenkontaktierung und Rekrutierung eine sehr hohe Drop Out Rate von 56,7 % Prozent hatten. Dies kann jedoch plausibel dadurch begründet werden, dass viele der hochbetagten Patienten, welche telefonisch kontaktiert wurden, aufgrund logistischer Probleme, wie weit entfernter Wohnort, mangelnder Führerschein oder fehlender verkehrstechnische Möglichkeit nicht an der Nachuntersuchung teilnehmen konnten und somit aus der Population ausgeschlossen werden mussten.

4.6. Bedeutung der Studienergebnisse für den Stellenwert der Navigation in der Endoprothetik

Die Tatsache, dass eine exaktere Implantation der Prothesenkomponenten und genauere Rekonstruktion der mechanischen Beinachse sich im Langzeitverlauf signifikant positiv auf die Revisionsrate und damit auf die Standzeiten der Prothesen auswirkt, erachten wir durchaus als eine bedeutende Erkenntnis bezüglich des Stellenwertes der Navigation in der Kniegelenksendoprothetik.

Die bisher veröffentlichten Studien konnten den Effekt der niedrigeren Revisionsrate allenfalls im kurz- oder mittelfristigen Bereich zeigen und waren deshalb nur bedingt bedeutsam, was die Auswirkung der Navigation auf die Standzeiten der Prothesen anbelangt.

Dieser, in unserer Studie erwiesene, positive Langzeiteffekt kann deshalb zu einem enormen Bedeutungszuwachs der Navigation innerhalb der Kniegelenksendoprothetik führen, denn es können sich im langfristigen Vergleich signifikante Vorteile für navigierte Patienten ergeben. Durch die Navigation können einerseits Revisionsoperationen signifikant verhindert und damit erneute Operationsrisiken/ -komplikationen für Patienten vermieden werden. Dadurch können andererseits durch weniger und spätere Prothesenwechseloperationen längere Prothesenstandzeiten bei navigierten Patienten erzielt und im Umkehrschluss ein längeres operationsfreies Intervall nach TEP Implantation ermöglicht werden. Die eben erläuterte Kausalität und deren Konsequenzen können sich deshalb in Zukunft durchaus positiv auf den Stellenwert der Navigation in der Kniegelenksendoprothetik auswirken.

4.7. Zusammenfassung

Bei zunehmender Lebenserwartung und steigendem Anspruch sind eine korrekte Achslage, Implantation mit gerader ostoperativer Beinachse, eine möglichst langfristige Standzeit sowie ein geringes Revisionsrisiko wichtige Kriterien bei der Implantation einer Kniegelenksendoprothese .

Das Ziel dieser Arbeit war es, zu ermitteln, inwieweit sich die navigationsgestützte Operationstechnik auf die klinische Zufriedenheit, die radiologische Implantationsgenauigkeit und die Revisionsrate im 10 Jahres Verlauf auswirkt.

In einer retrospektiven, nicht-randomisierten, verblindeten matched pair Analyse wurden insgesamt 150 Patienten nachuntersucht, welche vor 10 Jahren eine Kniegelenksendoprothese (PFC-Sigma, Fa. Depuy) entweder in konventioneller Implantationstechnik (75 Patienten) oder durch Verwendung eines navigationsgestützten Verfahrens (Vector Vision, Ci Knee Fa. BrainLab) (75 Patienten) erhalten haben.

Dabei ergab sich eine signifikant höhere Implantationsgenauigkeit in der Navigationsgruppe. Diese bestätigt die Ergebnissen von bereits existierenden, kurz- und mittelfristigen Studien.

Bezüglich der klinischen und funktionellen Parameter ergab sich kein relevanter Unterschied zwischen konventioneller und navigierter Patientengruppe. Auch diese Ergebnisse entsprechen der derzeitigen Studienlage.

Als bedeutendstes Ergebnis im Rahmen unserer Studie, konnte in der CAS Gruppe eine signifikant geringere Revisionsrate nach 10 Jahren im Vergleich zur CON Patientengruppe nachgewiesen werden. Im Umkehrschluss lässt sich daraus eine Verlängerung der Standzeit der einliegenden Kniegelenksendoprothese bei Verwendung eines Navigationsystems schließen. Dies kann als ein sehr bedeutenden Langzeitvorteil gegenüber der konventionellen Operationsmethode gewertet werden, wodurch der Stellenwert der navigationsgestützten Operationsmethode in der Kniegelenksendoprothetik an Bedeutung unterstrichen und gesteigert wird.

Die entstehenden Anschaffungskosten, zusätzlicher Materialaufwand, die Verlängerung der OP-Zeiten sowie navigationsspezifische Komplikationen stehen den ermittelten Vorteilen der Navigation dabei gegenüber.

Insgesamt müssen die erhobenen Resultate unserer Studie, als eine der ersten großen Langzeitstudien zum Thema Nachuntersuchung nach Kniegelenksendoprothesen im 10 Jahres Verlauf durch weitere Langzeitstudien mit größerer Fallzahl bestätigt und ergänzt werden, um unsere Ergebnisse noch präziser und langfristig in die aktuelle Studienlage einordnen zu können.

6. Abbildungsverzeichnis:

- Abbildung 1: Knöcherner Anatomie Kniegelenk von ventral/lateral
- Abbildung 2: Bewegungsumfang Kniegelenk in Transversal- und Longitudinalachse
- Abbildung 3: Darstellung der Anatomie von Innen- und Außenmeniskus
- Abbildung 4: Darstellung der Anatomie der Kollateralbänder des Kniegelenks von lateral
- Abbildung 5: Darstellung der Anatomie der Kollateralbänder des Kniegelenks von medial
- Abbildung 6: Darstellung Anatomie und Verlauf der Kreuzbänder des Kniegelenkes von ventral und dorsal
- Abbildung 7: Degenerative Veränderungen im Röntgenbild bei medialer Gonarthrose
- Abbildung 8: Schematische Darstellung der Erfassung der Referenzbasen mit Infrarotkamera bei navigationsgestützter Op Technik
- Abbildung 9: Vector vision Monitorbild der Ermittlung des Hüftkopfzentrums
- Abbildung 10: Vector Vision Monitorbild der tibialen Oberflächenabtastung
- Abbildung 11: Vector Vision Monitorbild der Abtastung an den Malleolen
- Abbildung 12: Vector Vision Monitorbild des Planungsvorschlag für die tibiale Resektion
- Abbildung 13: Vector Vision Monitorbild der Verifizierung der tibialen Resektion
- Abbildung 14: Vector Vision Monitorbild des Weichteilbalancing
- Abbildung 15: Vector Vision Monitorbild Überprüfung der finalen Beinachse
- Abbildung 16: Aufbau Vector Vision Navigationssystem im Op Saal
- Abbildung 17: Aufbau Vector Vision Navigationssystem Firma Brain Lab
- Abbildung 18: Darstellung der radiologischen Vermessung der mechanischen Beinachse und der koronaren tibialen/femorale Ausrichtung der Komponenten
- Abbildung 19: Darstellung der radiologischen Vermessung der Sagittalen Ausrichtung und des Tibialen Slope
- Abbildung 20: Darstellung der radiologischen Vermessung des Patella tilt und shift in der Patella Defilée Aufnahme

- Abbildung 21: Tabellarische Darstellung der Ergebnisse des WOMAC Score
- Abbildung 22: Boxplot der der Ergebnisse des WOMAC Score
- Abbildung 23: Tabellarische Darstellung der Ergebnisse des KSS
- Abbildung 24: Boxplot der Ergebnisse des Knee Society Score
- Abbildung 25: Tabellarische Darstellung der Revisionsoperationen
- Abbildung 26: Darstellung 10 Jahres Kaplan Meier Überlebensrate der Revisionsraten der CON/CAS Gruppe

7.Quellenangaben:

- ¹ Michael Schünke et al: Prometheus Lernatlas der Anatomie; Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem Thieme Georg Verlag, 4. Auflage 2014 Kapitel 1.17: Kniegelenk S.442-456
- ² Gerhard Aumüller et al: Duale Reihe Anatomie; Thieme Verlag 2010; Kapitel Kniegelenk (Articulatio genus); S363- 378
- ³ Schlepckow P. Threedimensional Kinematics of knee joint Z Ortho Unfall 1990;128 (4): 426-28
- ⁴ Benninghoff A., Drenckhahn D. Anatomie. Berlin: Urban & Fischer, 2004
- ⁵ Studie »Gesundheit in Deutschland aktuell 2010« (GEDA 2010)(Robert Koch-Institut (Hrsg) (2013) Arthrose. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Heft 54. RKI, Berlin)
- ⁶ Niethard, Fritz U. et al.: Duale Reihe: Orthopädie und Unfallchirurgie; Thieme Verlag 2014; Teil C: Spezielle Orthopädie und Unfallchirurgie der verschiedenen Körperregionen: Kapitel 11 Knie; S.578-581
- ⁷ Michael JWP, Schlüter-Brust KU, Eysel P (2010) Epi- demie, Ätiologie, Diagnostik und Therapie der Gonarthrose. Dtsch Arztebl Int 107 (9): 152–162
- ⁸ Altman RD (1995) The classification of osteoarthritis. J Rheumatol Suppl 43: 42–43
- ⁹ Grifka J. et al; Orthopädie Unfallchirurgie; Springer Verlag 2013; Kapitel 11 Kniegelenk; 11.5 Degenerative Veränderungen S. 338- 347
- ¹⁰ Hackenbrock(Hackenbroch) MH; Periphere Arthrosen. In: Bischoff HP, Heisel J, Locher H (Hrsg) Praxis der konservativen Orthopädie. Thieme Verlag 2009
- ¹¹ Zacher J, Gursche A (2001) Diagnostik der Arthrose. Orthopäde 30 (11): 841–847)
- ¹² Otte P (2000) Der Arthrose-Prozess Teil I. Gelenk- knorpel: Erhaltung, Gefährdung, Destruktion [www.arthrose-prozess.de/derArthroseProzess_Teil1. pdf](http://www.arthrose-prozess.de/derArthroseProzess_Teil1.pdf) (Stand: 01.06.2013)
- ¹³ Jordan KM, Arden NK, Doherty M et al.EULAR Recommendations 2003: an evidence based approach to the management of knee osteoarthritis: Report of a Task Force of the Standing Committee for International Clinical Studies Including Therapeutic Trials (ESCISIT). Ann Rheum Dis 2003 62 (12): 1145–1155
- ¹⁴ Zhang W, Doherty M, Arden N et al. EULAR evidence based recommendations for the management of hip osteoarthritis: report of a task force of the EULAR Standing Committee for International Clinical Studies Including Therapeutics (ESCISIT). Ann Rheum Dis 2005 64 (5): 669–681)
- ¹⁵ C. Fassel et al.: SYSADOA/DMOAD-Konzept setzt auf langsame positive Effekte. In: Rheuma Plus 4, 2005

- ¹⁶ Arzneimittelkommission der deutschen Ärzteschaft (2008) Arzneiverordnung in der Praxis. Empfehlungen zur Therapie von degenerativen Gelenkerkrankungen www.karatepe.de/pdf_link/InformationLeitlinien-Gelenkschmerzen.pdf (Stand: 01.06.2013)
- ¹⁷ Schneider T, Liebau C, Krämer R et al. (1999) 10-Jahres-Analyse nach arthroskopischem Kniegelenk-debridement bei Gonarthrose. *Arthroskopie* 12 (1): 17–21
- ¹⁸ Anders S, Schaumburger J, Grifka J (2001) Intraartikuläre operative Maßnahmen bei Arthrose. *Orthopädie* 30 (11): 866–880
- ¹⁹ Spahn G (2006) Knorpelschaden und Gonarthrose. Teil IV: Operative Behandlung von Knorpelschäden und Gelenkdebridement. *Akt Traumatol* 36: 1–15
- ²⁰ Spahn G (2006) Knorpelschaden und Gonarthrose. Teil V: Osteotomie und Gelenkersatz. *Akt Traumatol* 36: 1–10
- ²¹ Jordan KM, Arden NK, Doherty M et al. (2003) EULAR Recommendations 2003: an evidence based approach to the management of knee osteoarthritis: Report of a Task Force of the Standing Committee for International Clinical Studies Including
- ²² Merx H, Dreinhofer KE, Gunther KP (2007) Sozialmedizinische Bedeutung der Arthrose in Deutschland. *Z Orthop Unfall* 145 (4): 421–429
- ²³ Statistisches Bundesamt (2012) Fallpauschalenbezogene Krankenhausstatistik (DRG-Statistik). Die 50 häufigsten Operationen der vollstationären Patientinnen und Patienten in Krankenhäusern
- ²⁴ Duivenvooreden T, Verburg H, Verhaat JA, Bierma-Zeinstr Sm, Reijman M.- Patient expectations and satisfaction concerning total knee arthroplasty; *Ned Tijdschr Geneesk.* 2017; 160(0):D534
- ²⁵ Sabouret P, Lavoie F, Cloutier JM (2013) Total knee replacement with retention of both cruciate ligaments: a 22-year follow-up study. *Bone Joint J* 95(7): 917–922)
- ²⁶ Ranawat CS, Flynn WF Jr, Saddler S, Hansraj KK, Maynard MJ (1993) Long-term results of the total condylar knee arthroplasty. A 15-year survivorship study. *Clin Orthop Relat;Res* 286:94–102)
- ²⁷ Moreland JR. Mechanisms of failure in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1988;226:49.
- ²⁸ Eckhoff D, Hogan C, DiMatteo L, Robinson M, Bach J (2007) Difference between the epicondylar and cylindrical axis of the knee; *Clin. Orthop Relat Res* 2007 Aug; 461:238-44
- ²⁹ Tingart M, Luring C, Bathis H, Beckmann J, Grifka J, Perlick L (2008) Computer-assisted total knee arthroplasty versus the conventional technique: how precise is navigation in clinical routine? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 16(1):44–50

- ³⁰Young-Hoo Kim, MD; Jun-Shik Kim, MD; Yoowang Choi, MD; Oh-Ryong Kwon, MD Computer-Assisted Surgical Navigation Does Not Improve the Alignment and Orientation of the Components in Total Knee Arthroplasty; *J Bone Joint Surg. Am* 2009 Jan;91(1) 14-9
- ³¹Jeffery RS, Morris RW, Denham RA. Coronal alignment after total knee replacement. *J Bone Joint Surg (Br)* 1991;73:709.
- ³²Ritter MA, Faris PM, Keating EM, Meding JB. Postoperative alignment of total knee replacement. Its effect on survival. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;299:153–156
- ³³ Berend ME, Ritter MA, Meding JB, Faris PM, Keating EM, Redelman R, Faris GW, Davis KE. Tibial component failure mechanisms in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2004;428:26–34
- ³⁴Delp SL, Stulberg SD, Davies B, Picard F, Leitner F. Computer assisted knee replacement. *Clin Orthop Relat Res.* 1998;354:49–56.
- ³⁵Thienpont E, Fennema P, Price A (2013) Can technology improve alignment during knee arthroplasty. *Knee* 20(Suppl 1):S21–S28
- ³⁶ Rath B, Springorum HR, Beckmann J et al (2011) Importance of computer-assisted navigation in total knee arthroplasty – results of a nationwide survey in Germany. *Z Orthop Unfall* 149:173–177
- ³⁷ Brett A. Rebal, MD, Oladapo M. Babatunde, MD, Jonathan H. Lee, MD, Jeffrey A. Geller, MD, David A. Patrick Jr., BS, William Macaulay, MD! Imageless Computer Navigation in Total Knee Arthroplasty Provides Superior Short Term Functional Outcomes: A Meta-Analysis. *The Journal of Arthroplasty* 29 (2014) 938–944
- ³⁸ Harvie P, Sloan K, Beaver RJ (2012) Computer navigation vs conventional total knee arthroplasty: five-year functional results of a prospective randomized trial. *J Arthroplasty* 27:667–672
- ³⁹ Hernandez-Vaquero D, Suarez-Vazquez A, Iglesias-Fernandez S (2011) Can computer assistance improve the clinical and functional scores in total knee arthroplasty? *Clin Orthop Relat Res* 469: 3436–3442
- ⁴⁰ Bathis H, Perlick L, Tingart M et al (2004) Radiological results of image-based and non-image-based computer-assisted total knee arthroplasty. *Int Orthop* 28:87–90
- ⁴¹ Blakeney WG, Khan RJ, Wall SJ. Computer-assisted techniques versus conventional guides for component alignment in total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. *J Bone Joint Surg Am* 2011;93(15):1377
- ⁴²Burnett RSJ, Barrack RL (2013) Computer-assisted total knee arthroplasty is currently of no proven clinical benefit: a systematic review. *Clin Orthop* 471:264–276

- ⁴³Johnson DR, Dennis DA, Kindsfater KA, et al. Evaluation of Total Knee Arthroplasty Performed With and Without Computer Navigation: A Bilateral Total Knee Arthroplasty Study. *J Arthroplasty*. 2013;28:455–8.
- ⁴⁴Ishida K, Matsumoto T, Tsumura N, Kubo S, Kitagawa A, Chin T, Iguchi T, Kurosaka M, Kuroda R. Mid-term outcomes of computer-assisted total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011;19:1107–1112
- ⁴⁵Harvie P, Sloan K, Beaver RJ (2012) Computer navigation vs conventional total knee arthroplasty: five-year functional results of a prospective randomized trial. *J Arthroplasty* 27:667–672
- ⁴⁶Spencer JM, Chauhan SK, Sloan K et al: Computer navigation versus conventional total knee replacement: no difference in functional results at two years. *J Bone Joint Surg [Br]* 2007 89:477–480
- ⁴⁷Schnurr C, Gudden I, Eysel P et al: Influence of computer navigation on TKA revision rates. *Int Orthop* 2012 36:2255–2260
- ⁴⁸Naoki Nakano, Tomoyuki Matsumoto, Kazunari Ishida, Nobuhiro Tsumura, Ryosuke Kuroda, Masahiro Kurosaka; Long-term subjective outcomes of computer-assisted total knee arthroplasty(2013);*Int. Orthop* 2013 Oct; 37(10):1911-5
- ⁴⁹Eulert J, Hendrich C. Operative Technik. In: Eulert J, Hasenpflug J, eds. *Praxis der Knieendoprothetik*. Heidelberg: Springer Verlag, 2001:45-84
- ⁵⁰ Operation der Kniegelenksendoprothese; H. Röhrig; *AE Manual der Endoprothetik* 2010, pp S.127-141
- ⁵¹„Lüring C, Tingart M (Hrsg) (2015) Operative Zugangswege in Orthopädie und Unfallchirurgie, Springer Verlag, Heidelberg
- ⁵² „Wangroongsun Y, Cherdaweewee S (2009) Proper entry point for femoral intramedullary guide in total knee arthroplasty. *J Med Assoc Thai* 92(6):1–5“
- ⁵³Jerosch J, Attmanpacher W. Eingriffe am Knie. In: Jerosch J, Attmanspacher, eds. *Standardoperationen in Orthopädie und Unfallchirurgie*. Darmstadt: Steinkopff Verlag, 2000:270-362.
- ⁵⁴Software-Benutzerhandbuch Aufl. 1.0, Knee 2.6 Firma Brainlab; www.brainlab.com; Copyright 2012, Brainlab AG Deutschland
- ⁵⁵ Bähis H, Perlick L, Lüring C et al. CT-based and CT-free navigation in knee prosthesis implantation. Results of a prospective study. *Unfallchirurg* 2003;106:935-40.
- ⁵⁶James B. Stiehl, Werner H. Konermann, Rolf G. Haaker, Navigation and MIS in Orthopedic Surgery *A.M. DiGioia* 2007;S.22-27
- ⁵⁷ Langlotz F, Nolte LP, Tannast M -Grundlagen der computerassistierten Chirurgie- *Orthopäde* 2006;35:1032–1037

- ⁵⁸James B. Stiehl,Werner H. Konermann,Rolf G. Haaker,A.M.Navigation and MIS in Orthopedic Surgery DiGioiaBasics of Computer-Assisted Orthopaedic Surgery;2007; S.3-4
- ⁵⁹ James B.et al ; Navigation and MIS in Orthopedic Surgery; CT-Free-Based Total Knee Arthroplasty Navigation with a Minimally Invasive Surgical Technique 2007 S. 22-24
- ⁶⁰ Navigation and MIS in Orthopedic Surgery James B.at al: CT-free Navigation including Soft-Tissue Balancing: LCS Total Knee Arthroplasty and VectorVision System 2007;S. 112-122
- ⁶¹ Bellamy N, Campbell J, Stevens J, Pilch L, Stewart C, Mahmood Z: Validation study of a computerized version of the western Ontario and McMaster Universities VA 3.0 Osteoarthritis index. J Rheumatol 1997 24:2413–2415)
- ⁶² Mancuso CA, Sculco TP, Wickiewicz TL, Jones EC, Robbins L, Warren RF,Williams-Russo P.Patients' expectations of knee surgery. J Bone Joint Surg Am. 2001 Jul;83-A(7):1005-12.
- ⁶³ Insall JN, Dorr LD, Scott RD, Scott WN. Rationale of the Knee Society clinical rating system. Clin Orthop Relat Res. 1989. pp. 13–14
- ⁶⁴ Ewald FC. The Knee Society total knee arthroplasty roentgeno-graphic evaluation and scoring system. Clin Orthop Relat Res. 1989;248:9–12
- ⁶⁵ Gro Sævik Dyrhovden et al; Is the use of computer navigation in total knee arthroplasty improving implant positioning and function? A comparative study of 198 knees operated at a Norwegian district hospital; BMC Musculoskelet Discord Nov 14; 14:321
- ⁶⁶Heesterbeek PJ, Beumers MP, Jacobs WC, Havinga ME, Wymenga AB. A comparison of reproducibility of measurement techniques for patella position on axial radiographs after total knee arthroplasty. Knee 2007;14:411-6.
- ⁶⁷Metsna V, Sarap P, Vorobjov S, Tootsi K, Märtson A.The patellar shift index: a reliable and valid measure for patellofemoral congruence following total knee arthroplasty with unresurfaced patella.Acta Orthop Traumatol Turc. 2013;47(5): 323-9.
- ⁶⁸ Ayers DC (1997); Polyethylen wear and osteolysis following total knee replacement; Instr Course Lect. 1997; 46:205- 13
- ⁶⁹ Mackay DC, Siddique MS; The results of revision knee arthroplasty with and without retention of secure cements femoral components; J Bone Joint Surgery Br. 2003; May 85 (4):517-20
- ⁷⁰ Lüring C, Bathis H, Oczipka F, Trepte H, Lufen H, Perlick L,Grifka J (2006) Two-year follow-up on joint stability and muscular function comparing Rotating vs fixed bearing TKR. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 14:605–611

- ⁷¹ Haaker RG, Stockheim M, Kamp M, Proff G, Breitenfelder J, Ottersbach A. Computer-assisted navigation increases precision of component placement in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2005;433:152–159
- ⁷² Bolognesi M, Hofmann A. Computer navigation versus standard instrumentation for TKA: a single-surgeon experience. *Clin Orthop Relat Res.* 2005;440:162–169
- ⁷³ Todesca A, Garro L, Penna M, Bejui-Hugues J; Conventional versus computer-navigated TKA: a prospective randomized study.; *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016 Jun 15.
- ⁷⁴ Song EK et al; A randomized controlled clinical and radiological trial about outcomes of navigation-assisted TKA compared to conventional TKA: long-term follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016 Feb 1.
- ⁷⁵ Mason JB, Fehring TK, Estok R, Banel D, Fahrbach K. Meta-analysis of alignment outcomes in computer-assisted total knee arthroplasty surgery. *J Arthroplasty.* 2007 Dec;22(8):1097-106. Review.
- ⁷⁶ Brin YS, Nikolaou VS, Joseph L, Zukor DJ, Antoniou J. Imageless computer assisted versus conventional total knee replacement. A Bayesian meta-analysis of 23 comparative studies. *Int Orthop.* 2011;14:331–339. doi: 10.1007/s00264-010-1008-6
- ⁷⁷ Novicoff WM, Saleh KJ, Mihalko WM, Wang XQ, Knaebel HP; Primary total knee arthroplasty: a comparison of computer-assisted and manual techniques; *Instr. Course Lect.* 2010;59:109-17
- ⁷⁸ Cheng T, Zhao S, Peng X, Zhang X.
.Does computer-assisted surgery improve postoperative leg alignment and implant positioning following total knee arthroplasty? A meta-analysis of randomized controlled trials? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* Review 2012 Jul; 20(7):1307-22.
- ⁷⁹ Hetaimish BM, Khan MM, Simunovic N, Al-Harbi HH, Bhandari M, Zalzal PK Meta-analysis of navigation vs conventional total knee arthroplasty. *J. Arthroplasty* 2012;27:1177–1182
- ⁸⁰ Hiscox CM, Bohm ER, Turgeon TR, et al. Randomized Trial of Computer-Assisted Knee Arthroplasty: Impact on Clinical and Radiographic Outcomes. *J Arthroplasty.* 2011;26:1259–64,
- ⁸¹ Peter M. Bonutti MD, Daniel A. Dethmers MD, Mike S. McGrath MD, Slif D. Ulrich MD, Michael A. Mont MD (2008) Navigation Did Not Improve the Precision of Minimally Invasive Knee Arthroplasty *Clin Orthop Relat Res.* 2008 Nov; 466(11):2730-5
- ⁸² Young-Hoo Kim, MD; Jun-Shik Kim, MD; Yoowang Choi, MD; Oh-Ryong Kwon, MD; *J Bone Joint Surg Am.* 2009 Jan;91(1):14-9. Computer-Assisted Surgical Navigation Does Not Improve the Alignment and Orientation of the Components in Total Knee Arthroplasty

- ⁸³ Spencer JM et al; Computer navigation versus conventional total knee replacement: no difference in functional results at two years. *J Bone Joint Surg Br.* 2007 Apr;89(4):477-80.
- ⁸⁴ Ensini et al; Alignments and clinical results in conventional and navigated total knee arthroplasty; *Clin Orthop Relat Res.* 2007 Apr;457:156-62
- ⁸⁵ Baumbach JA et al; 10-Year Survival of Navigated Versus Conventional TKAs: A Retrospective Study; *Orthopedics.* 2016 May;39(3 Suppl):S72-6.
- ⁸⁶ Naoki Nakano & Tomoyuki Matsumoto & Kazunari Ishida & Nobuhiro Tsumura & Ryosuke Kuroda & Masahiro Kurosaka (2013) Long-term subjective outcomes of computer-assisted total knee arthroplasty *Int Orthop.* 2013 Oct;37(10):1911-5. 2013 Jun 27
- ⁸⁷ Cheng T1, Pan XY, Mao X, Zhang GY, Zhang XL. Little clinical advantage of computer-assisted navigation over conventional instrumentation in primary total knee arthroplasty at early follow-up. *Knee.* 2012 Aug;19(4):237-45.
- ⁸⁸ Burnett RS1, Barrack RL. Computer-assisted total knee arthroplasty is currently of no proven clinical benefit: a systematic review. *Clin Orthop Relat Res.* 2013 Jan;471(1):264-76
- ⁸⁹ Pang HN, Yeo SJ, Chong HC, et al. Computer-Assisted Gap Balancing Technique Improves Outcome in Total Knee Arthroplasty, Compared with Conventional Measured Resection Technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19:1496–503.
- ⁹⁰ Hoffart HE, Langenstein E, Vasak N.: A Prospective Study Comparing the Functional Outcome of Computer-Assisted and Conventional Total Knee Replacement. *JBJs Br.* 2012;94:B:194–9
- ⁹¹ de Steiger RN, Liu YL, Graves SE: ; *J Bone Joint Surg Am.* 2015 Apr 15;97(8):635-42
- ⁹² Roberts TD, Clatworthy MG, Frampton CM, Young SW: Does Computer Assisted Navigation Improve Functional Outcomes and Implant Survivability after Total Knee Arthroplasty? *J Arthroplasty.* 2015 Sep;30(9 Suppl):59-63.
- ⁹³ Hohman DW Jr et al; The implications of mechanical alignment on soft tissue balancing in total knee arthroplasty; *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015 Dec;23(12):3632-6
- ⁹⁴ Cerha et al; Cost analysis for navigation in knee endoprothetics *Orthopäde.* 2009 Dec, 38 (12):1235-40
- ⁹⁵ O. Cerha, S. Kirschner, K.-P. Günther, J. Lützner Kostenanalyse zur Navigation in der Knieendoprothetik; *Orthopäde* 2009 · 38:1235–1240
- ⁹⁶ Kim YH, Kim JS, Yoon SH: Alignment and orientation of the components in total knee replacement with and without navigation support: a prospective, randomised study. *J Bone Joint Surg Br* 2007 89(4):471–476

- ⁹⁷ Church JS, Scadden JE, Gupta RR et al: Embolic phenomena during computer-assisted and conventional total knee replacement. J Bone Joint Surg Br 2007 89(4):481–485
- ⁹⁸ Martin A, Wohlgenannt O, Prenn M et al (2007): Imageless navigation for TKA increases implantation accuracy. Clin Orthop Relat Res 460:178–184
- ⁹⁹ Maderbacher et al; Imageless navigation in total knee arthroplasty. navigation reduced by the maximum; Int Orthop 2015 Mar;39(3):455-60
- ¹⁰⁰ Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi: Comparison of total knee arthroplasty with computer navigation systems and conventional techniques 2014 Sep;28(9):1066-71.
- ¹⁰¹ Khakha RS, Chowdhry M, Norris M, Kheiran A, Chauhan SK: Low incidence of complications in computer assisted total knee arthroplasty--A retrospective review of 1596 cases; Knee. 2015 Oct;22(5):416-8.
- ¹⁰² Thiengwittayaporn et al; Hand-held navigation may improve accuracy in minimally total knee arthroplasty: a prospective randomized controlled trial; Int Orthop 2016 Jan; 40 (1):51-7

7. Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt Herrn Prof. Dr. Dr. J. Grifka für die Überlassung des Themas und die Möglichkeit diese Arbeit in seiner Klinik durchführen zu dürfen.

Besonders bedanken möchte ich mich bei Herrn PD Dr. med habil. C. Baier und Dr. med. J. Wolfsteiner für die freundschaftliche und engagierte Betreuung, die mir auch bei Umwegen immer wieder geholfen und denen ich letztendlich die zügige Vollendung dieser Arbeit mit zu verdanken habe!

Vielen Dank an Herrn Zeman für die Zusammenarbeit bei der statistischen Auswertung, wobei er mich freundlicherweise unterstützte.

Ein ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern, die mir von Anfang an bis zur Approbation und Promotion immer zur Seite gestanden haben und ohne die dieser Weg überhaupt nicht möglich gewesen wäre!

Meinem Partner Johann danke ich ebenso ganz herzlich für die unendliche Geduld und Motivationsgabe während der ganzen Zeit der Promotionsverfassung.

Lebenslauf

Franziska Irmgard Otto

PERSÖNLICHE DATEN

Adresse: Filzenstr 37a 83059 Kolbermoor

Telefonnummer: 0160/90391798

Email: ziska-otto@web.de

Geburtsdatum: 13.08.1989

Geburtsort: Rosenheim

Konfession: evangelisch

AUSBILDUNG

06/2008 Abitur am Karolinen Gymnasium Rosenheim Note 1,8

10/2008 - 07/2009 Studium der Psychologie

10/2009 - 04/2010 Universität Regensburg Studium der Zahnmedizin

04/2010 - 08/ 2012 vorklinischer Studienabschnitt Humanmedizin

Universität Regensburg; Note „sehr gut“

08/2012 - 11/2017 klinischer Studienabschnitt Studium der Humanmedizin

Universität Regensburg; Studienabschluss Note „gut“

BERUFLICHE ERFAHRUNG

12/2016 - 08/2017 Assistenzärztin Common trunk;

Abteilung Wirbelsäulenchirurgie Schön Klinik Vogtareuth

seit 08/2017 Assistenzärztin Common Trunk;

Orthopädie/Unfallchirurgie Krankenhaus Agatharied

9. Anhang: Fragebogen



ASKLEPIOS

Klinikum Bad Abbach

Orthopädische Klinik für die Universität Regensburg
Asklepios Klinikum Bad Abbach ▪ Postfach 1134 ▪ 93074 Bad Abbach



**Kooperationskliniken für die
Universität Regensburg
Klinik und Poliklinik für Orthopädie
Klinik für Rheumatologie**

Kaiser-Karl V.-Allee 3

93077 Bad Abbach

Tel.: (0 94 05) 18 0

www.asklepios.com/badabbach

Fragebogen

Wie zufrieden sind Sie insgesamt mit Ihrer vor 10 Jahren implantierten Endoprothese?

Bitte kreuzen Sie an.

- sehr zufrieden
- einigermaßen zufrieden
- unsicher
- etwas unzufrieden
- sehr unzufrieden

Klinik und Poliklinik für Orthopädie

Lehrstuhlinhaber für Orthopädie

der Universität Regensburg

und Klinikdirektor:

Prof. Dr. med. Dr. h.c. J. Grifka

Würden Sie sich mit Ihrem aktuellen Wissen erneut eine Kniegelenksendoprothese implantieren lassen?

Bitte kreuzen Sie an.

- ja
- eher ja
- unsicher
- eher nein
- nein

Gemeinsam für Gesundheit www.asklepios.com

Asklepios Klinikum Bad Abbach GmbH

Sitz der Gesellschaft: Königstein i. Ts. ▪ Registergericht: Amtsgericht Königstein i. Ts. HRB 6387

Geschäftsführer: Dr. h.c. Peter Coy, Thomas A. Kräh

Bankverbindung: Dresdner Bank Frankfurt, BLZ 500 800 00, Kto.-Nr. 00 916 845 00 ▪ USt.-IdNr.: DE 239 549 597



A. "Knee-Score" (max. 100 Punkte)
1.1 Schmerzen

- | | | |
|-----------------------|---|----|
| <input type="radio"/> | Ich habe keine Schmerzen. | 50 |
| <input type="radio"/> | Ich habe geringe oder nur gelegentliche Schmerzen. | 45 |
| <input type="radio"/> | Ich habe immer geringe Schmerzen beim Treppensteigen. | 40 |
| <input type="radio"/> | Ich habe immer geringe Schmerzen beim Gehen und Treppensteigen. | 30 |
| <input type="radio"/> | Ich habe gelegentlich mäßige Schmerzen. | 20 |
| <input type="radio"/> | Ich habe immer Schmerzen. | 10 |
| <input type="radio"/> | Ich habe starke Schmerzen. | 0 |

= _____

2.) Bewegungsumfang

ROM: (5° = 1 Punkt, 125° max. bzw. max. 25 Punkte)

E / F = _____ = (ROM in °) / 5 = _____

= _____

3.) Stabilität

- | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------|----|
| -anterior – posterior | <input type="radio"/> | < 5 mm | 10 |
| | <input type="radio"/> | 5 – 10 mm | 5 |
| | <input type="radio"/> | > 10 mm | 0 |

= _____

- | | | | |
|------------------|-----------------------|-----------|----|
| -medio - lateral | <input type="radio"/> | < 5 ° | 15 |
| | <input type="radio"/> | 6 – 9 ° | 10 |
| | <input type="radio"/> | 10 – 14 ° | 5 |
| | <input type="radio"/> | > 15 ° | 0 |

= _____

Abzüge bei

- | | | | |
|-------------------------------|-----------------------|-----------|------|
| -Flexionskontraktur (passiv): | <input type="radio"/> | 0° | 0 |
| | <input type="radio"/> | 5 – 10 ° | - 2 |
| | <input type="radio"/> | 10 – 15 ° | - 5 |
| | <input type="radio"/> | 16 – 20 ° | - 10 |
| | <input type="radio"/> | > 20 ° | - 15 |

= _____

-Streckdefizit (aktiv):

<input type="radio"/>	0°	0
<input type="radio"/>	< 10 °	- 5
<input type="radio"/>	10 – 20 °	- 10
<input type="radio"/>	> 20 °	- 15

=

-Malalignemen: (Achsabweichung, Valgus femorotibial)

<input type="radio"/>	5 – 10 °	0
<input type="radio"/>	0 – 4 °	-3 Punkte /°
<input type="radio"/>	11 – 15 °	-3 Punkte /°
<input type="radio"/>	<0 – 15°<	-20

=

Gesamtpunktzahl A:

=

B. „Functional-Score“ (max. 100 Punkte)

1.) Gehfähigkeit

<input type="radio"/>	Ich kann unbegrenzt gehen.	50
<input type="radio"/>	Ich kann mehr als 1 km gehen.	40
<input type="radio"/>	Ich kann 500 m bis 1000 m gehen.	30
<input type="radio"/>	Ich kann weniger als 500 m gehen.	20
<input type="radio"/>	Ich bin an das Haus gebunden.	10
<input type="radio"/>	Ich kann nicht gehen	0

=

2.) Treppensteigen

<input type="radio"/>	Ich kann normal treppauf und treppab gehen.	50
<input type="radio"/>	Ich kann normal treppauf gehen, treppab nur mit Geländer.	40
<input type="radio"/>	Ich gehe treppauf und treppab mit Geländer.	30
<input type="radio"/>	Ich gehe treppauf mit Geländer, treppab ist nicht möglich.	15
<input type="radio"/>	Ich kann keine Treppen gehen.	0

=

Abzüge bei

<input type="radio"/>	1 Gehstock/-stütze	- 5
<input type="radio"/>	2 Gehstöcke/-stützen	- 10
<input type="radio"/>	Gehbank/Rollator, Achselstützen etc.	- 20

=

Gesamtpunktzahl B:

=



WOMAC-Index

I. Schmerzfragen

Die folgenden Fragen beziehen sich auf die Stärke der Schmerzen, die Sie in den betroffenen Kniegelenken haben. Bitte geben Sie für jede Frage die Stärke der Schmerzen an, die Sie in den letzten 2 Tagen verspürt haben. (Bitte kreuzen Sie die zutreffenden Kästchen an.)

1.) Gehen auf ebenen Boden

keine Schmerzen

extreme Schmerzen

2.) Treppen hinauf- oder hinuntersteigen

keine Schmerzen

extreme Schmerzen

3.) Nachts im Bett

keine Schmerzen

extreme Schmerzen

4.) Sitzen oder Liegen

keine Schmerzen

extreme Schmerzen

5.) Aufrecht stehen

keine Schmerzen

extreme Schmerzen

II. Fragen zur Steifigkeit

Die folgenden Fragen beziehen sich auf die Steifigkeit (nicht die Schmerzen) Ihrer Kniegelenke. Steifigkeit ist ein Gefühl von Einschränkung oder Langsamkeit in der Beweglichkeit, wenn Sie Ihre Gelenke bewegen. Bitte geben Sie für jede Frage die Steifigkeit an, die Sie in den letzten 2 Tagen verspürt haben. (Bitte kreuzen Sie die zutreffenden Kästchen an.)

1.) Wie stark ist Ihre Steifigkeit gerade nach dem Erwachen am Morgen?

keine Steifigkeit

extreme Steifigkeit

2.) Wie stark ist Ihre Steifigkeit nach dem Sitzen, Liegen oder Ausruhen im späteren Verlauf des Tages?

keine Steifigkeit

extreme Steifigkeit



III. Fragen zur körperlichen Tätigkeit

Die folgenden Fragen beziehen sich auf Ihre körperliche Tätigkeit. Damit ist Ihre Fähigkeit gemeint, sich im Alltag zu bewegen und sich um sich selbst zu kümmern. Bitte geben Sie für jede der folgenden Aktivitäten den Schwierigkeitsgrad an, den Sie in den letzten 2 Tagen wegen Beschwerden in Ihren Kniegelenken verspürt haben. (Bitte kreuzen Sie die zutreffenden Kästchen an.)

1.) Treppen hinuntersteigen

keine Schwierigkeiten

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

extreme Schwierigkeiten

2.) Treppen hinaufsteigen

keine Schwierigkeiten

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

extreme Schwierigkeiten

3.) Aufstehen vom Sitzen

keine Schwierigkeiten

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

extreme Schwierigkeiten

4.) Stehen

keine Schwierigkeiten

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

extreme Schwierigkeiten

5.) Sich zum Boden bücken

keine Schwierigkeiten

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

extreme Schwierigkeiten

6.) Gehen auf ebenem Boden

keine Schwierigkeiten

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

extreme Schwierigkeiten

7.) Einsteigen ins Auto / Aussteigen aus dem Auto

keine Schwierigkeiten

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

extreme Schwierigkeiten

8.) Einkaufen gehen

keine Schwierigkeiten

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

extreme Schwierigkeiten

9.) Socken/Strümpfe anziehen

keine Schwierigkeiten

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

extreme Schwierigkeiten

10.) Aufstehen vom Bett

keine Schwierigkeiten

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

extreme Schwierigkeiten

11.) Socken/Strümpfe ausziehen

keine Schwierigkeiten

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

extreme Schwierigkeiten

12.) Liegen im Bett

keine Schwierigkeiten

extreme Schwierigkeiten

13.) Ins Bad(Badewanne) steigen / aus dem Bad(Badewanne) steigen

keine Schwierigkeiten

extreme Schwierigkeiten

14.) Sitzen

keine Schwierigkeiten

extreme Schwierigkeiten

15.) Sich auf die Toilette setzen / Aufstehen von der Toilette

keine Schwierigkeiten

extreme Schwierigkeiten

16.) Anstrengende Hausarbeiten

keine Schwierigkeiten

extreme Schwierigkeiten

17.) Leichte Hausarbeiten

keine Schwierigkeiten

extreme Schwierigkeiten

Wie viel Entlastung oder Verbesserung haben Sie in den folgenden Bereichen als Folge der Knieoperation?	Zurück zum Normalzustand oder komplette Verbesserung	Nicht zurück zum Normalzustand,			Ich habe dies nicht, oder ist in meinem Falle nicht zutreffend
		aber eine große Verbesserung	aber eine mittelmäßige Verbesserung	aber eine kleine Verbesserung	
1. Linderung der Schmerzen am Tag.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Linderung der Schmerzen, die den Schlaf stören.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Verbesserung des Gehens.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Verbesserung des Stehens.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Das Humpeln / Hinken loswerden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Keine Gehhilfen oder andere Hilfsmittel mehr benötigt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Besseres Treppensteigen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. Fähigkeit verbessert, aus Bett / Sessel / Auto zu steigen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. Fähigkeit verbessert, häusliche Alltagsaktivitäten zu verrichten (z.B. Hausarbeit, Gartenarbeit).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10. Fähigkeit verbessert, sonstige Alltagsaktivitäten zu verrichten (z.B. Einkaufen, ehrenamtlich arbeiten).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11. Keine Medikamente mehr einnehmen zu müssen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12. Einer Berufstätigkeit nachzugehen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
13. Verbesserung der sexuellen Aktivität.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
14. Fähigkeit zur Ausübung oder Teilnahme an Sport verbessert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
15. Fähigkeit zur Teilnahme an sozialen u. a. Freizeitaktivitäten verbessert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
16. Fähigkeit verbessert, Schuhe und Socken anzuziehen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
17. Fähigkeit verbessert, Fußnägel zu schneiden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
18. Verbesserung des psychischen Wohlbefindens.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

HSS Patientenerwartung (Mancuso)

Patientennummer

Bitte kreuzen Sie jeweils die Antwortmöglichkeit an, die Ihrer Erwartung am besten entspricht.

Wie wichtig sind diese Aspekte bei der Behandlung Ihres Kniegelenkes für Sie?	sehr wichtig	wichtig	weniger wichtig	nicht wichtig	nicht zu-treffend
1. Schmerzlinderung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn Sie eine der folgenden Erwartungen haben, kreuzen Sie bitte an: <input type="checkbox"/> Verminderung von Schmerzen <input type="checkbox"/> Verminderung der stärksten Schmerzen <input type="checkbox"/> Verminderung aller Schmerzen					
2. Verbesserung der Gehfähigkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn Sie eine der folgenden Erwartungen haben, kreuzen Sie bitte an: <input type="checkbox"/> Gehfähigkeit für kurze Strecken (<500m) <input type="checkbox"/> Gehfähigkeit für mittlere Entfernungen (mehr als 1 km) <input type="checkbox"/> Gehfähigkeit für größere Entfernungen (mehr als 2 km)					
3. Nicht mehr auf eine Unterarmgehstütze, Handstock oder Rollator angewiesen zu sein	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Ein gerades Bein zu haben	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Besser treppauf gehen zu können	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Besser treppab gehen zu können	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Sich besser hinknien zu können	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. Sich besser hinkauern zu können	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. Besser öffentliche Verkehrsmittel nutzen zu können	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10. Arbeitsfähigkeit in einem bezahlten Beruf	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11. Teilnahme an Freizeitaktivitäten (Tanzen, Urlaubsreisen)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12. Verbesserung der Aktivitäten des täglichen Lebens (Selbstversorgung, Haushalt)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
13. Teilnahme an Freizeitsport	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
14. Aufstehen und Hinsetzen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
15. Für jemanden sorgen zu können (Partnerbetreuung, Beaufsichtigen von Kindern)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
16. Verbesserung der Sexualität	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
17. Verbesserung des seelischen Wohlbefindens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>